

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**



**«МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА МОЛОДИХ:
прогресивні ідеї – наука – виробництво»**

**МАТЕРІАЛИ
XVIII Міжнародної
науково-практичної конференції**

Краматорськ 2018

УДК 621(063)

М38

Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 31 жовтня — 02 листопада 2018 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2018. — 206 с.

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Ковальов В.Д., д.т.н., проф., ректор ДДМА

Члени програмного
комітету:

д.т.н., проф. Антонюк В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., доц. Васильченко Я.В. (м. Краматорськ, ДДМА)

д.т.н., проф. Грабченко А.І. (м. Харків, НТУ «ХПІ»)

д.т.н., проф. Гурей І.В. (м. Львів, НУ «Львівська політехніка»)

д.т.н., проф. Доброскок В.Л. (м. Харків, НТУ «ХПІ»)

д.т.н., проф. Залого В.О. (м. Суми, СумДУ)

д.т.н., проф. Калафатова Л.П. (м. Покровськ, ДонНТУ)

д.т.н., проф. Кальченко В.В. (м. Чернігів, ЧНТУ)

д.т.н., проф. Кальченко В.І. (м. Чернігів, ЧНТУ)

д.т.н., проф. Клименко Г.П. (м. Краматорськ, ДДМА)

д.т.н., проф. Клименко С.А. (м. Київ, ІНМ ім. Бакуля)

д.т.н., проф. Кузнецов Ю.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Луців І.В. (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І Пулюя)

д.т.н., проф. Мазур М.П. (м. Хмельницький, ХНУ)

д.т.н., проф. Майборода В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Марчук В.І. (м. Луцьк, ЛНТУ)

д.т.н., проф. Мельничук П.П. (м. Житомир, ЖДТУ)

д.т.н., проф. Павленко І.І. (м. Кропивницький, ЦНТУ)

д.т.н., проф. Панчук В.Г. (м. Івано-Франківськ, ІФНУНГ)

д.т.н., проф. Пасічник В.А. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Пермяков О.А. (м. Харків, НТУ «ХПІ»)

д.т.н., проф. Петраков Ю.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Равська Н.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Саленко О.Ф. (м. Кременчук, КНУ ім. М Остроградського)

д.т.н., проф. Струтинський В.Б. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. І Сікорського»)

д.т.н., проф. Тонконогий В.М. (м. Одеса, ОНПУ)

д.т.н., проф. Турманідзе Р.С. (м. Тбілісі, Грузія, ГТУ)

д.х.н., проф. Турчанін М.А. (м. Краматорськ, ДДМА)

д.т.н., проф. Jozef Zajac (м. Кошице, Словаччина, Технічний університет)

проф. Predrag Dašić (High Technical Mechanical School of Professional Studies, Trstenik, Serbia)

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів. За виклад, зміст і достовірність матеріалів відповідають автори.

ISBN 978-966-379-859-2

© ДДМА 2018

ЗМІСТ

<i>Avdeenko A. P., Konovalova S. A.</i> Tribological properties of adducts of n-arylsulfonyl-1,4-benzoquinone imines with dialkylphosphites.....	11
<i>Volodymyr Frolov, Viktor Artiushenko</i> Containers for vibration grinding.....	13
<i>Volodymyr Frolov, Artem Maidanovych</i> On rigidity of taper mandrels.....	16
<i>Абхари П.Б</i> Деформируемость металла в процессе радиального выдавливания.....	19
<i>Білоусова Н.М., Клименко С.Ан.</i> Лазерне термозміцнення	20
<i>Бондар О.В., Солодун О.О.</i> Можливості системи appius-plm та її інтеграційний модуль для зв'язку з T-FLEX CAD	21
<i>Бондар О.В., Хорольський А.І.</i> СПРУТ-ТП – крок до автоматизації виробництва.....	24
<i>Борущак Л.О., Борущак С.Л.</i> Композиційне литво робочих органів гірничих комбайнів.....	26
<i>Васильченко Я.В., Хорошайло В.В., Сукова Т.О., Шаповалов М.В., Саєнко М.О., Железняк В.Р, Гармаш М.О.</i> Розробка автоматизованої системи синтезу та оцінки компонувань верстатів.....	29
<i>Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Переходченко С.С., Казанцева Т.Ю.</i> Підвищення ефективності обробки деталей важкого машинобудування за рахунок визначення раціональних режимів різання.....	31
<i>Войтенко П.І., Семань М.М.</i> Доцільність використання математичних моделей спіралей для раціонального розміщення різальних елементів на бурових долотах різально-сколюючої дії.....	33
<i>Воронцов Б.С., Немерцев Д.О.</i> Удосконалення технології реінжинірингу зубчастих передач.....	36
<i>Гончар Н.В., Біла А. П.</i> Особливості і переваги фінішної обробки металевими щітками.....	37
<i>Гринь О.Г., Соцький І.М.</i> Дослідження зносостійкості деталей валкового млина.....	39
<i>Гузенко В.С., Савченко А.С., Гордеев И.А., Денщик К.В.</i> Выбор конструкции резцов с механическим креплением твердосплавных пластин.....	40
<i>Гурей І.В., Гурей Т.А., Гурей В.І.</i> Дослідження малоциклової втомної міцності поверхневих шарів сталевих зразків після фрикційного зміцнення.....	41
<i>Гурина Л.А., Вишнепольский Е.В.</i> Особенности обработки деталей полученных с помощью аддитивных технологий.....	44

<i>Дмитрієв Д.О., Федорчук Д.Д.</i> Визначення просторової жорсткості технологічних механізмів з замкненою шарнірно-стрижневою системою приводів.....	46
<i>Дорохов М.Ю., Ромашкевич Д.С.</i> Деякі особливості проектування, виготовлення та зборки планетарного редуктора із пружним елементом.....	49
<i>Дядя С.І., Пазій А.С., Блід К.Г.</i> Оцінка поверхні різання за базовими фрагментами осцилограми.....	51
<i>Дядя С.І., Штанкевич В.С., Бондаренко В.А., Блід О.Г.</i> Вплив перемінного окружного кроку кінцевої циліндричної фрези на зміну коливального руху при фрезеруванні з автоколиваннями.....	52
<i>Ермакова С.А.</i> Устойчивость как основной критерий безаварийной работы самоходных кранов.....	53
<i>Жаріков С.В., Гринь О.Г., Соловійов В.М., Головченко Д.А., Орлов Г.М.</i> Дослідження порошкових дротів з екзотермічною сумішшю для відновлення штампового інструменту.....	54
<i>Жученко А.Г., Вишнепольский Е.В.</i> Особенности алмазного выглаживания тонкостенных деталей.....	55
<i>Закора О.А., Селіверстов І.А., Селіверстова С.Р.</i> Особливості і перспективи використання композиційних покриттів в деталях транспорту.....	57
<i>Закорко М.И., Кушниров П.В.</i> Повшение эффективности обработки корпуса шарового крана.....	59
<i>Залога В. О., Дядюра К.О.</i> Рибалка І.М. Принципи побудови інтегрованої системи менеджменту забезпечення якості виготовлення компресорного устаткування.....	61
<i>Залятов А.Ф., Лебедь В.Т.</i> Моделирование процесса смещение бандаж с оси составного прокатного валка на стадии его нагрева под демонтаж...62	62
<i>Калафатова Л.П., Калмиков В.С.</i> Обґрунтування способу фінішної обробки виокоточних поверхонь валів.....	64
<i>Калініченко В. В., Шаройка А. О.</i> Специфіка розробки моделей енергоефективних процесів токарної обробки на важких верстатах.....	67
<i>Картамышев Д.А.</i> Исследование силовых параметров комбинированного выдавливания полых деталей типа «Стакан».....	70
<i>Клименко Г.П., Квашнін В.В.</i> Розробка програми автоматичного проектування технологічної підготовки механообробки на важких верстатах.....	71
<i>Клименко Г.П., Шаповалов М.В., Ковалев Д.А.</i> Анализ надежности сборных фрез.....	72

Клочко О.О., Чекердес Є. О., Хорошайло В.В., Федоров В.В., Хомяков С.А. Автоматизація управління технологічною підготовкою виробництва крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань.....	74
Клочко О.О., Шелковий О.М, Лоза Р.І, Півень Л.В. Технологія автоматизованого виробництва в системі проектування керуючих процесів для верстатів з ЧПУ.....	75
Кобельник В.Р., Крупа В.В., Каровська О.В., Тимошенко Н.М. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів.....	78
Ковальов В.Д., Антоненко Я.С., Виганяйло Б.Ю. Дослідження впливу характеристик несучої системи на показники вихідної точності важкого токарного верстата.....	80
Ковальов В.Д., Кравченко Д.О., Пермяков О.А., Клочко О.О., Белоусов М.О. Нанотехнології підвищення довговічності циліндричних високошвидкісних фланкованих зубчастих коліс на основі ефекту виборчого переносу в умовах автоматизованого виробництва.....	82
Ковальов В.Д., Зєлік М.С. Розробка обладнання та технологій для виготовлення виробів з важкооброблюваних матеріалів.....	84
Ковальов В.Д., Саєнко М.О., Серик В.А. Агрегатно – модульні принципи створення конструкції нових важких верстатів з використанням бази знань.....	85
Ковальов В.Д., Нестеренко В.М., Сільченко Д.К. Підвищення продуктивності виготовлення деталей з важкооброблюємих матеріалів за рахунок вдосконалення важких верстатів.....	87
Козяр Я.А, Штегін О.О. Швидке прототипування деталей захисних кожухів безпілотних літальних апаратів.....	89
Кононов В.В., Зубач О.О. Оптимізація режимів різання при свердлінні....	91
Кононов В.В., Надзельский И.И. Виброполировальная обработка деталей из титановых сплавов.....	92
Копей В. Б., Угринчук Р. В. Моделювання вільних коливань технологічної системи мовою modelica.....	93
Корчак О.С., Біленець К.Є. Дослідження механізму виникнення кавітаційного зношення в проточках донних частин гідравлічних циліндрів.....	96
Корчак О.С., Коткова В.В. Дослідження механізму виникнення рідинного голодування силових циліндрів.....	97
Косов М.О., Косов І.О., Іванов В.О., Залога В.О., Дегтярьов І.М., Павленко І.В. Передумови впровадження багатокоординатної обробки деталей складної форми.....	98

Котенко О.А., Бережна О.В. Відновлення робочих органів прохідницького комбайна.....	99
Котляр А.В., Басова Е.В., Иванова М.С., Панамарева О.Б., Василевский Ю.В. Разработка методологии обеспечения эксплуатационных показателей коленчатых валов.....	101
Кривий П. Д., Крупа В. В., Мацюрак А. О. Імовірнісний підхід для визначення впливу подачі на положення площини зсуву при точінні.....	102
Кривошапка Н. В., Симонова А. А. Визначення впливу температури в зоні різання на структурну стабільність субмікросталічного технічно чистого алюмінію.....	103
Кривошея А. В., Воронцов Б.С., Константиненко Д.О., Шубін Ю.Є. Підвищення якості поверхонь зубчастих коліс при удосконаленні методу зубохонінгування.....	106
Кривошея А. В., Воронцов Б.С., Куник І.І., Савченко О.Ю. Технологічне забезпечення якості зубохонінгування при використанні алмазних еластичних черв'ячних хонів.....	107
Кришук А.С., Медведєв В.В. Вплив стабільності машинного часу на потребу в міжопераційному накопичувачі.....	108
Кіяновський М.В., Бондар О.В., Деміда Н.В. Параметричні можливості при розробці керуючих програм в системі T-FLEX PLM+.....	111
Лещук Р.Я., Кашуба Н.П., Свистун П.А. Дослідження процесу обробки нежорстких циліндричних заготовок.....	114
Литвин О.В., Ящук І.Р. Застосування комбінованого методу синтезу затискних патронів.....	115
Луців І.В., Кушик В.Г., Буховець В.М., Грущак Р.Б. Дослідження характеристик затиску заготовок малої жорсткості при токарній обробці.....	119
Ляпощенко О.О., Павленко І. В., Іванов В. О., Дем'яненко М. М., Старинський О.Є. Розробка конструкторсько-технологічної класифікації модульних сепараційних пристроїв.....	120
Макаренко Н.А., Голуб Д.М., Куций А.М., Гайворонский А.О. Анализ материалов для повышения ресурса инструмента обработки металлов давлением от компании DRATEC.....	122
Малий К.В. Применение способа радиально-продольного выдавливания для получения деталей с фланцем и стержнем.....	125
Матвиевский А.Ю., Кушниров П.В. Фрезерование торцев плунжера инструментом, оснащенный сверхтвердыми материалами	126
Матюхін А. Ю., Бень А. М, Ленок А. А., Доля С. П. Спосіб отримання заготовки мітчика.....	127

Медвідь Ю. В., Лукань Т. В., Пітулей Л. Д. Моделювання різальної частини різця для обробки конічної нарізи у нафтогазових трубах.....	129
Мельник М. С., Гаркавченко А.О. Підвищення швидкісних характеристик шпіндельних вузлів важких токарних верстатів з гідростатичними підшипниками.....	131
Миранцов С.Л., Божко Є.В. Модель технологической системы тяжелых карусельных станков.....	134
Мироненко Е.В., Гузенко В.С., Паршин К.Е., Самодуров Д.В. Анализ исследований динамических характеристик процесса торцевого фрезерования с целью повышения производительности обработки.....	135
Мироненко Є.В., Гузенко Д.Є. Багатокритеріальної оптимізації підвищення енергоефективності механічної обробки на базі нейромережевої моделі.....	138
Мирошниченко И.С., Кушников П.В. Применение специальных резцов при точении детали «барабан штампующий».....	139
Некрасов С. С., Довгополов А. Ю. Моделювання напружено-деформованого стану різьбового з'єднання з великим кроком в деталях з армованих композиційних матеріалів.....	140
Новіков Ф.В., Новіков Д.Ф., Клочко О.О., Соколов О.Г., Туманов Д.М., Скоркін А.О. Математичне моделювання технологічних процесів обробки великогабаритних зубчастих коліс....	143
Нуцубидзе К.А., Басова Е.В. Обоснование разработки нового инструментального решения для выполнения высокоточных криволинейных отверстий при изготовлении пластиковых прес-форм...	146
Нєженцев О.Б., Зелінський Б.В. Формування перехідних процесів при опусканні вантажів кранами мостового типу.....	148
Пасечник К.В. Уменьшения вибраций при токарной обработки путем изменения геометрических параметров резца.....	151
Петраков Ю. В., Трибрат К. О. Забезпечення динамічних характеристик технологічної оброблювальної системи.....	152
Петраков Ю.В., Штефан І.М. Моделювання динамічних явищ при різанні з використанням ANSYS.....	155
Петраков Ю.В., Шуплецов Д.К. Автоматизация подготовки данных для виртуального базирования заготовки на верстаті з ЧПК.....	158
Петраков Ю.В., Езендука Джонмару Определение оптимальной глубины резания при черновом точении.....	160
Подлєсний С.В., Криворучек В.В. Інженерна підготовка в світлі сучасних трендів.....	161
Полянський В. И. Технологическое обеспечение высокоскоростной механической обработки.....	164
Пыжов И.Н., Волошкина И.В. Повышение эффективности обработки поликристаллических сверхтвердых материалов.....	167

Солнцев А.В., Кузнецов Ю.Н. Теоретические исследования 3D-принтера на базе механизмов параллельной структуры.....	169
Сус С. П. Контроль положения нагретых изделий оптическим методом .	173
Таган Л.В. Особенности радиально – обратного выдавливания	175
Слободянюк І.В., Джулій Д.Ю., Майборода В.С., Зелінко А. Магнітно-абразивне оброблення сталевих плоских поверхонь.....	176
Тарган Д.В., Слободянюк І.В., Джулій Д.Ю., Майборода В.С. Вплив магнітної індукції на швидкість обертання деталей.....	179
Терещенко К.О., Ткаченко П.В. Особенности выбора щеток с металлическими или полимерно-абразивными волокнами.....	181
Тимошенко Н. М., Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Петречко І. Р. Імовірно-статистичний метод визначення впливу подачі на коефіцієнт усадки стружки при точінні.....	183
Тришин П.Р., Мерлікова Ю.Р., Федоренко О.С. Оцінка впливу фізичних і механічних властивостей оброблюваного матеріалу на зношення дискової полімерно-абразивної щітки.....	184
Федорович В.А., Островерх Е.В., Козакова Н.В., Музыка В.А. Повышение качества алмазных кругов за счет введения в полимерную связку детонационного наноалмаза.....	185
Хорошайло В.В., Коваленко А.В., Пономар Д.В. Підвищення ефективності обробки великогабаритних отворів на важких токарних верстатах.....	188
Целик Ю.Б., Лебедь В.Т. Автоматизация процесса контроля и замера посадочного диаметра венца составного зубчатого колеса при нагреве детали под сборку.....	189
Цимбалюк Л.Я., Роп'як Л.Я. Аналіз технологічного застосування гвинтових поверхонь.....	191
Чумак А.О., Клименко С.Ан. Особливоті використання інструментів із ПКНБ групи VL при обробці загартованих сталей.....	193
Чучин А.В. Комбинированное обратно – поперечное выдавливание в подвижных матрицах.....	195
Шаповалов М.В., Тіторук Т.І., Печений О.О. Підвищення працездатності металорізального інструменту з твердих сплавів методом обробки імпульсним магнітним полем.....	196
Воронцов Б.С., Ткач І.І., Доля А.А. Моніторинг ефективності використання верстатів з ЧПК в умовах виробничої невизначеності.....	197
Норик Е. В. Деталізація процесів забезпечення якості продукції машинобудування засобами базових японських інструментів контролю якості.....	199
Вірич С.О., Богун В.Б. Забезпечення якості поверхонь при лезовій обробці гумовотканинних конвеєрних стрічок.....	200
Вірич С.О., Бабенко М.О., Кміт Є.В. Підвищення ефективності технології виготовлення деталей тіл обертання шляхом застосування методів поверхневого пластичного деформування.....	201

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF ADDUCTS OF N-ARYLSULFONYL-1,4-BENZOQUINONE IMINES WITH DIALKYLPHOSPHITES

Avdeenko A. P., PhD, professor

Konovalov S. A., PhD, assistant professor

Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, chimist@dgma.donetsk.ua

It is well-known to use organophosphorus compounds as additives for greases and lubricants. These additives show antiwear and antiscoring properties. In result of reaction of dialkylphosphites (DAP) with N-arylsulphonyl-*p*-quinoneimines (ASBQI) the mixtures from 2, 3, or 4 isomers are formed. In the most cases the 1,4-addition adduct is major isomer [1]. In adducts the dialkylphosphate (AlkO)₂PO and sulfonamide SO₂NH groups are active agents from the point of view of tribology.

We carried out the extensive studies of adducts of quinoneimines with dialkylphosphites to develop the two types of special greases for high-loaded friction units:

1. medium-temperature greases working at temperature of 200–250 °C in high-loaded rolling friction units;
2. high-temperature greases working at temperatures of 400–450 °C and at temperature up to 800 °C during short time in high-loaded low-speed sliding friction units.

We have developed new medium- and high-temperature greases on the basis of organophosphorus additives which are adducts of dialkylphosphites and trimethylsilyldialkylphosphites with N-arylsulphonyl-1,4-quinoneimines and N,N'-bisarylsulphonyl-1,4-quinonediiimines [2–4].

It is known the use of additives as anti-wear components is more effective in liquid lubricants than in greases. That is associated with a lighter and continuous supply of additives to the friction surface with a liquid carrier. However, these additives are effective even in greases, especially at high temperatures due to a change in the mechanism of action.

The proposed mechanism of action of the additives consists in the formation of monomolecular adhesion layers on the metal surface due to the P=O groups. These greases show high antiwear properties. For example, the antiwear properties of the nigrol-based grease with the proposed additives are 1.8-2.1 times higher in comparison with the most effective additive EFO widely used in grease compositions. At high temperature, 400–450 °C, thermal decomposition of additives occurs with formation saline phosphate-sulphate melts, which are a lubricant preventing scuffing on juvenile rubbing surfaces. At the same time, antiscoring and antiwear properties of greases based on the proposed additives increase with increasing specific loads. This phenomenon is observed for the first time.

The complex of studies has shown the proposed organophosphorus additives have high antifriction, antiwear, antiscoring and anticorrosive

properties. That is very important when greases based on these additives are used in various conditions and, including corrosive mediums.

We tested efficiency of adducts of N-arylsulfonyl-1,4-benzoquinonimines with dialkyl phosphites in compositions of “protective technological liquids” (PTL) in edge cutting machining, for example, in deep hole drilling and hard-to-work material cutting.

In metal cutting the juvenile surface is formed in which the atoms are energetically unbalanced and consequently rather reactive. This surface reacts with active molecules of medium, lubricant or products of its decomposition. That leads to formation of a film on the surface [5]. In the absence of protective liquids an active metal surface intensively reacts with oxygen and moisture of air, forming the oxides of metals. The films of oxides are fragile and easily removable, that promotes effective deterioration. Sometimes these films play a role of abrasive material.

A number of researches shown the principal cause of deterioration of a carbide cutting tool is intensive oxidation of main components: wolfram carbides, titan carbides, other compounds, and also a bonding cobalt at cutting temperature of 600–800°C and above. Oxidation speed is closely connected with diffusive processes, in particularly, with speed of oxygen diffusion through oxides formed. These processes have main influence on a deterioration of the carbide cutting tool; there fore the protective liquids, developed for heat resistant material cutting, should protect a surface of the cutting tool from destruction by atmosphere oxygen.

The aqueous solution of sodium silicate has been proposed as the basis of PTL. And adducts of dialkylphosphites (DAP) with N-arylsulfonyl-1,4-benzoquinoneimines (ASBQI) have been proposed as additives.

The basis of labricanting and anti-wear properties of these adducts is the formation of sulfate-phosphate salt melts at temperatures higher than 600°C. The formation of metal phosphates during friction has been earlier confirmed by the chemical and radiation analysis [6]. Besides, the formation of some phosphate films was identified by chemical and physicochemical methods [7].

A presence of sodium silicate in PTL results in formation of more complex silicate-sulfate-phosphate salt system with lower melting point. There fore PTL can works in wider range of temperatures.

In metal cutting it is possible also a formation of phosphates and sulfates of metals of a catting tool, for example, Ni, W, Co, and Ti in addition to formation of phosphates and sulfates of processed metal. That in turn reduces a cutting tool wear.

The research results have shown the use of adduct of dimethylphosphite as an additive allows to increase the cutting tool resistance by 3.8-4.2 times in comparison with dry cutting and by 1.8-2.9 times in comparison with adduct of diisopropylphosphite.

Adducts with dimethylphosphite group show not only high anti-wear properties but and promote chip crushing that is especially important in cutting of heat resistant nickel alloys and high-strength steels. It is known also the

problem of chip crushing is especially important in metal cutting on automated machine tools and automated lines.

The studies shown the application of PTL with adducts, based on dimethylphosphite, provides stable chip crushing in cutting of ductile and hard alloys in generally applicable modes of cutting (cutting speed, depth, and cutter feed) [8, 9].

References

1. Avdeenko, A.P., Konovalova, S.A.: *Hinoniminyi: ot protivorakovyih preparatov do molekulyarnyih kompyuterov. Monograph.* Kramatorsk (Ukraine): DSEA, 2018. – 516 pp. ISBN 978-966-379-835-6 (In Russian)
2. Avdeenko, A. P.: New medium- and high-temperature plastic lubricants for heavy-loaded components of rolling and sliding friction. *Bulletin of DSEA*; Kramatorsk (Ukraine): DSEA, No 1 (2005), pp. 127-131. (In Russian)
3. Avdeenko, A. P.: New medium- and high-temperature plastic lubricants and prospects of their industrial application. In: *Proceedings of 8th International conference "Research and Development in Mechanical Industry" (RADMI 2008) on CD-ROM*; Užice, Serbia; 14-17 September 2008. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd., 2008, pp. 803–806. ISBN 978-86-8380-321-8
4. Avdeenko, A.P., Fedorinov, V.A., Belitska, O.Ya.: High-temperature lubricant for high-loaded sliding friction unit. *Patent of Ukraine 63811*, МПІК (2011.01) C10M 105/00. Bulletin No 20 (2011).
5. Kurchik, N.N., Vaynshtok, V.V., Shehter, Yu.N.: *Smazochnyie materialyi dlya obrabotki metallov rezaniem.* Moscow (USSR): Chemistry, 1972. – 329 pp. (In Russian)
6. Barcroft, F. T., Daniel, S. G.: The Action of Neutral Organic Phosphates as EP Additives. *J. Basic Eng.*, Vol. 87, N 3 (1965), pp. 761–767. doi: 10.1115/1.3650676
7. Dorfrey, D. V.: *Novoe o smazochnyih materialah.* Moscow (USSR): Chemistry, 1967. – 231 pp. (in Russian)
8. Avdeenko, A.P.: The new process liquids for cutting of churlish metals and alloys, guaranteeing stable chip breaking. In: *Proceedings of the 3rd International conference "Research and development in mechanical industry" (RaDMI 2003)*, Vol. 1; Herceg Novi, Serbia and Montenegro, 2003. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd., 2003, pp. 614–621.
9. Avdeenko, A.P., Avdeenko, E.A.: The method of stable chip cutting in the blade processing of hard-working heat-resistant alloys and high-strength thermally treated steels. *Patent of Ukraine 84240*, МПК (2013.01) C10M 105/00, C10M 125/126. Bulletin No 19 (2013).

CONTAINERS FOR VIBRATION GRINDING

Volodymyr Frolov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Viktor Artiushenko, Master student

Otto von Guericke University Magdeburg

All detail must have not only a desirable geometric form but also the necessary surface quality which is characterized with the certain surface roughness. The low roughness of the surface means high quality of the surface.

Nowadays due to common methods of processing it is possible to receive the low roughness and respectively the high quality of the surface predominantly in details with simple geometry which consist of cylindrical, conical and flat surfaces.

The method of vibration grinding which allows to get the high quality of the surface of complicated geometric form is represented in this work. The vibration grinding simplifies the processes of polishing, grinding and deburring.

Under the vibration grinding the detail is located in the container, which is filled with abrasive particles.

During this process abrasive particles process surfaces and change roughness of the surface.

Apart from this, this method allows to process several details at the same time. The abrasive particles reach any point of the surface while creating a flow.

The weakness of the method of vibration grinding is the fact that movement and orientation of the detail regarding to the flow of the abrasive particles are not controlled. This leads to fault and defect due to unevenness of processing.

Our aim is to receive the equal quantity of all surfaces. It means that intensity of material removing must be equal for all surfaces. Under ordinary conditions the speed is spread in a such way: the speed is maximum near the walls of the container (the speed transmission from a vibrator happens here), it equals zero in the center.

According to the first Newton law the masses of interacted objects are inversely proportional to the accelerations, which are obtained by the objects as a result of their interaction. While the abrasive seed with the mass m_1 interacts with the processed detail with the mass m_2 with the container (mass M), the ratio of their masses will look like that:

$$\frac{m_1}{M} = \frac{A}{a_1}; \frac{m_2}{M} = \frac{A}{a_2}.$$

Considering that the masses of the abrasive seed and the detail are much smaller in comparison with the mass of the container, it is possible to write down:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1},$$

a_1, a_2, m_1, m_2 – respectively, the acceleration and mass of abrasive grains and workpieces.

Considering that the mass of the abrasive seed is less than the mass of the detail on order, during the interaction with the wall of the container the abrasive seed obtains the acceleration which exceeds the acceleration of the detail. Their speeds are different accordingly (Fig.1):

$$V_1 \gg V_2.$$

The idea is to rotate the detail forcibly at the moment of processing and to reorient it regarding to the flow of the abrasive particles due to the special form of the container. The trajectories are shown in two quasi circular containers [1, 2] (Fig. 2). The special geometry of the containers causes reusable reorientation of the detail regarding to the flow of the abrasive particles, which provides more even processing of the surfaces of the detail.

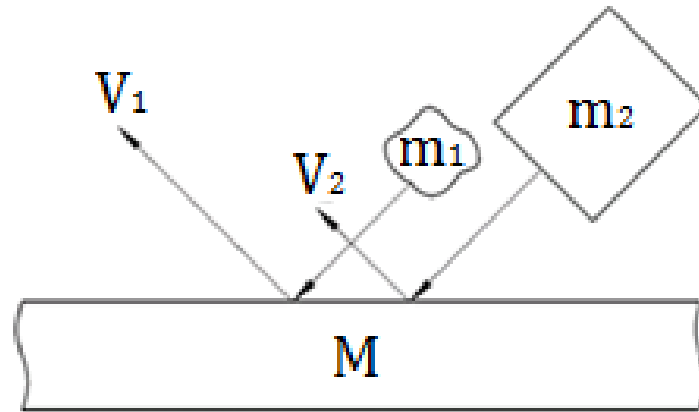


Figure 1 – The scheme of the interaction of the abrasive seed and the detail with the wall of the container

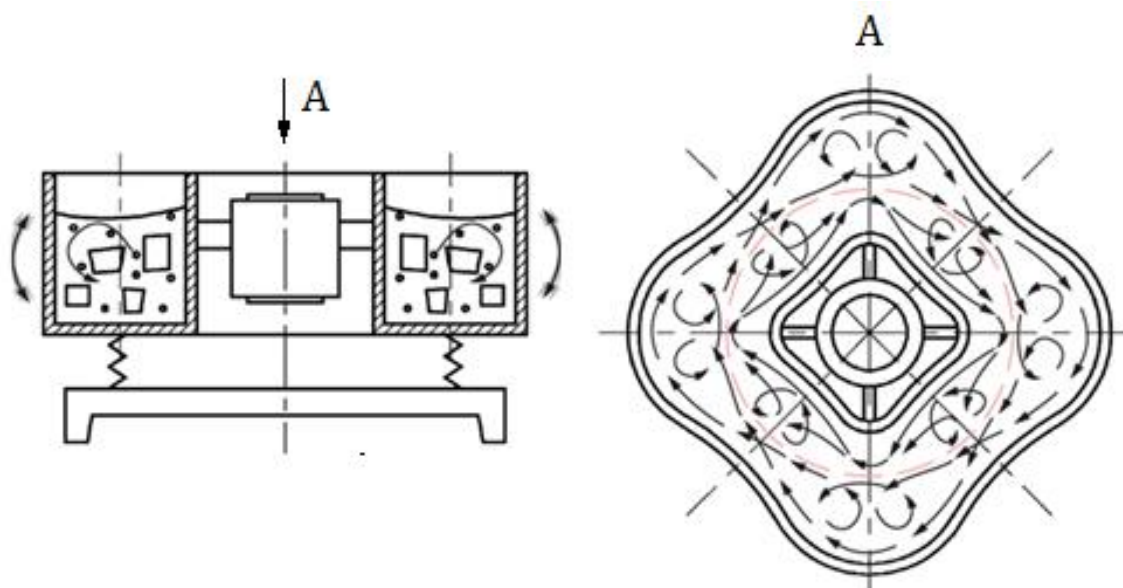


Figure 2 – Construction of quasi circular container

There are regions in the containers (Fig. 3) in which the details reinitiate purposefully due to collision with walls of the container, so they change their position. The more such regions, the more often the detail changes its location which causes the better processing of the surfaces of the detail.

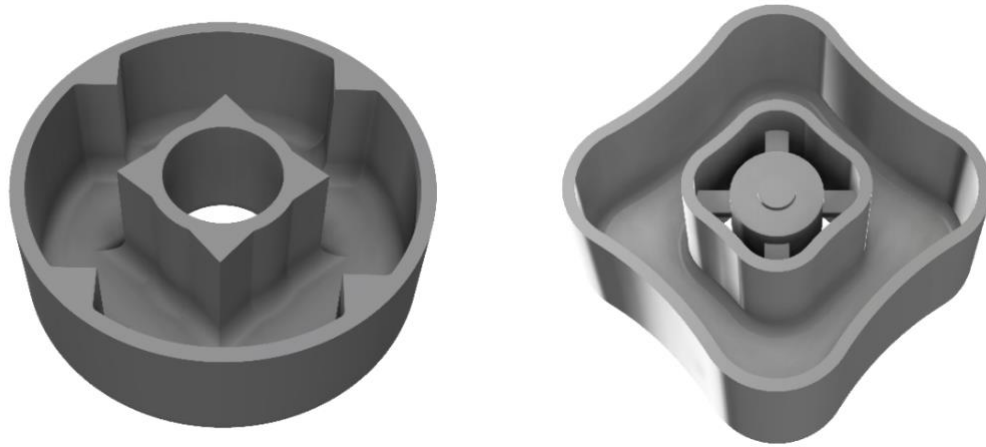


Figure 3 – Models of quasi circular containers

The form guarantees that the flow of the abrasive particles doesn't make the process slower. It would have negative impact on the productivity of the processing. It means that the speed of the stream doesn't decline while the detail reinitiates.

List of references

1. Frolov V., Zyllov N., Artiushenko V., (2018). *Device for vibration grinding*. UA 125074.
2. Frolov V., Artiushenko V., Zyllov N., (2018). *Container for vibration grinding*. UA 124434.

ON RIGIDITY OF TAPER MANDRELS

Volodymyr Frolov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Artem Maidanovych, Master student
Otto von Guericke University Magdeburg

Vast amount of hole making operations is executed with the boring or internal grinding tools because of wide functionality. During hole making or inside grinding operations acts a cutting force. Under this force arise bending deformations. Because of these deformations decrease precision and quality of processed surfaces. Durability of cutting tool is also diminished. The value of the deformation is directly proportional to the rigidity of the mandrel. Rigidity of the mandrel is influenced by material properties, shape and dimensions of the arbor.

To solve the problem of insufficient rigidity, various solutions have been proposed. For example, a mandrel is known [1], which consists of cylindrical body and taper. Thereby the body has a rim, that must provide an additional rigidity of the arbor. A problem of this solutions is low rigidity of cylindrical part due to its's length, which isn't balanced by a rim. It causes deformations and decreeing of machining accuracy. There is also a mandrel [2], which

consists of cylindrical part, that has an elongation. On the end of this elongation is a cutting tool mounted. Along the basic part are mounted clamping bands of steel. This clamping bands are aimed to create inside stresses to rise a rigidity of a whole arbor. The disadvantage of this model is the complexity of manufacturing and assembly.

The authors have made an assumption, that the console part in the form of a cut cone can increase a rigidity without increasing of complexity and costs of the mandrel.

The purpose of this work is to determine the dependence of the rigidity of conical mandrels on their geometrical parameters.

To compare the mandrels, length and volume were selected as a criterion of identity.

To ensure equality of volumes, the following method was chosen: The smaller radius r_{min} of the cone varied in the range from 0 to the radius r_0 of the initial cylinder with a step of 0.5 mm. A bigger radius r_{max} was calculated as the root of a quadratic equation:

$$r_{max}^2 + r_{max}r_{min} + r_{min}^2 - \frac{3V}{\pi l} = 0,$$

derived from volume of cut cone formula:

$$V = \frac{1}{3}\pi l(r_{min}^2 + r_{min}r_{max} + r_{max}^2).$$

Thereby just one of the roots is positive.

Linear deformation calculations were performed according to the Mohr integral:

$$\begin{aligned} f &= \int_0^l \frac{P_y \bar{M} l}{EI} dl \\ &= \int_0^l \frac{64P_y l^2}{E\pi(D_{min} + kl)} dl \\ &= \frac{64P_y(3k^2 l^2 + 3kD_{min}l + D_{HM}^2)}{3E\pi k^3(D_{min} + kl)^3} + \frac{64P_y D_{min}^2}{3E\pi k^3 D_{min}^3}, \end{aligned}$$

Simplified:

$$f = \frac{64P_y l^3}{3E\pi(D_{max} - D_{min})^3} \left[\frac{1}{D_{min}} - \frac{(3D_{max}^2 + 3D_{max}D_{min} + D_{min}^2)}{D_{max}^3} \right].$$

Geometrical parameters of arbors and calculating results are presented in the table 1.

Table 1 – Linear deformation of taper mandrels depending on their geometrical parameters

№	l , mm	D_{min} , mm	D_{max} , mm	V , mm^3	D_{mix} $/D_{max}$	f , mm
1	100	6,0	13,5	7853,98	0,444	0,2233
2	100	7,2	16,4	11309,73	0,444	0,1077
3	100	9,0	20,3	17671,46	0,444	0,0441
4	200	12,0	27,1	62831,85	0,444	0,1116
5	200	15,0	33,8	98174,77	0,444	0,0457
6	200	18,0	40,6	141371,67	0,444	0,0221

Dependence of linear deformations of the mandrels with a length of 100 mm on the diameter ratio presented on the figure 1. The shape of graphs for mandrels with the length of 200 is the same.

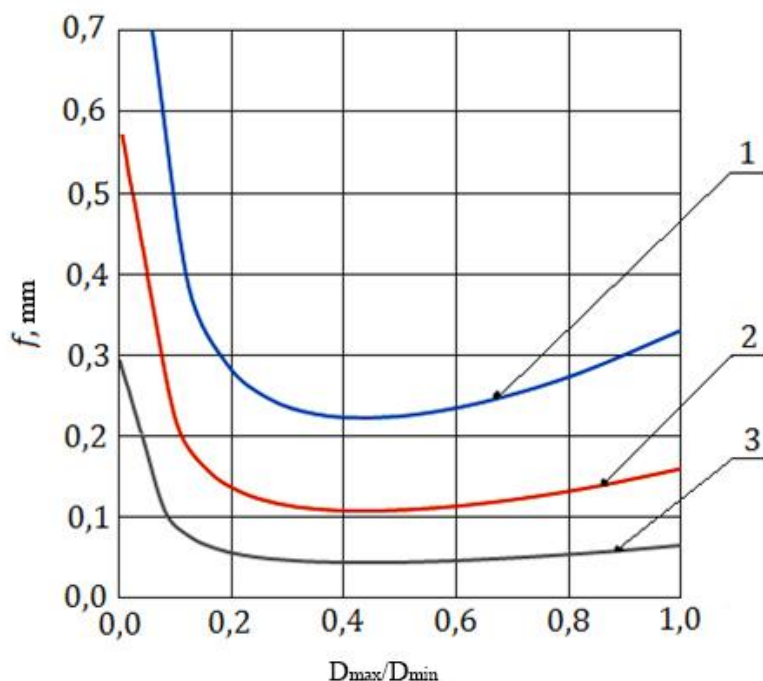


Figure 1 – Dependence of linear deformation on diameter ratio for $l = 100$ mm ($1 - V = 7854$ mm³; $2 - V = 11310$ mm³; $3 - V = 17671$ mm³)

According to the result of this work, we can conclude, that:

For taper mandrels with determined length and volume, there is a determined diameter ratio, at which linear deformation is the least. This ratio for the mandrel with parameters in the researched range is $D_{min}/D_{max} = 0,444$. This technical solution is patented by the authors [3]. Determining of the optimal geometrical parameters for mandrels of other dimensions is to research.

Usage of taper arbors with maximal rigidity can increase hole making accuracy without increase of cost price, or provide increase productivity due to increasing cutting rate.

List of references

1. Ukrazhenko K., Storozhev Y., 20.01.2012, Boring tool holder RU 2440216, B23B 29/03.
2. Vozhdaenko V., Rabshtina M., 16.10.2000, Tool holder UA 1128066, B23B 19/02.
3. Frolov V., Maidanovych A., Rudenko R. Long arbor. Patent application UA u201805134 from 10.05.18. Decision to issue declarative utility patent from 26.09.2018.

ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ РАДИАЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Абхари П. Б. канд.техн.наук, доцент

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

Для решения задачи оценки ресурса пластичности необходимо располагать информацией о напряженно-деформированном состоянии в различных зонах очага деформации, а также иметь диаграммы пластичности металлов. Напряженно-деформированное состояние определяли методом конечных элементов с помощью программы QForm2D для процесса радиального выдавливания на основе материала АД31. Расчет ресурса пластичности проводили с помощью известных критериев, деформируемости как критерий В. Л. Колмогорова, которые учитывает влияние истории деформирования и получен на основе гипотезы о линейном суммировании повреждений. На рис. 1 отмечены точками 1, 2, 3, 4 в очаге деформации в процессе радиального выдавливания и показан график распределения ресурса пластичности.

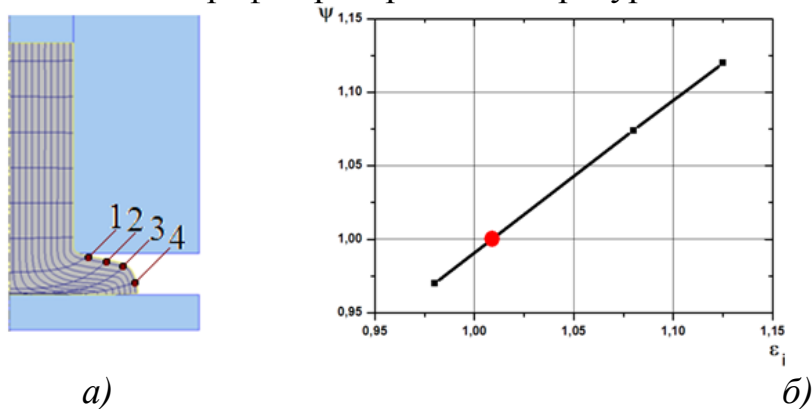


Рисунок 1 – а) Схема процесса радиального выдавливания, б) график распределения ресурса пластичности в зависимости от степени деформации в точке вероятного разрушения

Предварительный анализ получаемой детали показал, что наиболее вероятное место разрушения на поверхности фланца соответствует точке 3 (рис. 1, а). Дальнейшее моделирование проводилось до полного исчерпания ресурса. Согласно заявленным условиям, разрушения

наступає при $\Psi=1$. На графіке (рис. 1, б) видно, що при досягненні критичної ступені деформації $\epsilon=1,008$ проізодейт исчерпание ресурса пластичности, т.е. разрушение. При проведеніи процесса радиального выдавливания со степенями критической деформации выше 1,008 будет происходить развитие трещин.

ЛАЗЕРНЕ ТЕРМОЗМІЩЕННЯ

Білоусова Н.М., аспірант

Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна,

Клименко С.Ан., канд.техн.наук

Інститут надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна

В основі процесу термообробки лежить швидкий нагрів до температури плавлення з наступним швидким охолодженням шляхом відводу тепла в основний об'єм металу.

Більшість лазерних технологій засновані на використанні теплової дії випромінювання. Фізична модель лазерної обробки поділяється на етапи: – поглинання енергії лазерного випромінювання; – нагрів матеріалу до точки плавлення $T_{пл}$; – плавлення після поглинання питомої теплоти плавлення $L_{пл}$; – подальший нагрів до точки кипіння; – випаровування після поглинання питомої теплоти пароутворення; – рух поверхні, що випаровується в глибину об'єму матеріалу зі швидкістю V_0 ; – утворення плазми [1].

Дія лазерного випромінювання на тверде непрозоре тіло умовно можливо розділити на декілька характерних стадій: – поглинання світлового потоку і передача його енергії решіткам речовини та інтенсифікація їх теплових коливань; – нагрівання речовини без її руйнування; – випаровування речовини в зоні дії променя лазера и розлітання продуктів руйнування; – охолодження речовини після закінчення дії лазерного випромінювання [2].

Одночасно з вказаними стадіями проходять дифузійні і хімічні процеси, а також фазові перетворення, які впливають на характер лазерного випромінювання на матеріал.

Можливість створення в тонкому поверхневому шарі матеріалу мікродисперсної кристалічної (аморфної) структури з'явилась з появою потужних лазерів, які генерують ультракороткі імпульсні випромінювання. Через надвисокі швидкості охолодження (9–10 К/с і більше) розмір кристалів, що утворились при охолодженні, може порівнюватись з міжатомною відстанню. Якщо швидкість охолодження перевищує швидкість кристалізації – можливе утворення аморфного поверхневого шару в оброблюваному виробі. Для отримання аморфного стану необхідно вибирати режим лазерної обробки, при якому щільність енергії імпульсу нижче порогу абляції, але вище порогу плавлення, який забезпечує процес

швидкого нагріву, плавлення і рекристалізації поверхневого шару виробу [3].

При лазерному термозміцненні необхідно забезпечити умови, при яких максимальна температура зони поверхневого шару, що оброблюється повинна бути вищою точки структурних змін, але одночасно бути нижчою від температури плавлення. Таким чином, швидкість охолодження під час лазерного гарту значно перевищує критичну – в загартованому шарі утворюється однорідна мартенситна структура.

Основною перевагою лазерного зміцнення являється можливість широкого діапазону режимів оброблення з метою отримання зміцнених зон різної ширини і глибини, та одночасне збереження пластичності матриці.

Механічні характеристики залежать від ряду факторів: – хімічний склад матеріалу; – величина і знак залишкових напружень; – геометричні параметри поверхні виробу; – наявність дефектів в поверхневому шарі; – особливості мікроструктури матеріалу [4]. Найбільш важливим показником процесу термозміцнення являється зносостійкість обробленого виробу. Процес зношування залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу поверхневого шару зони тертя, від характеру тертя – швидкості, температури, інших умов.

Список посилань

1. Вейко, В. П. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Раздел: Введение в лазерные технологии / В. П. Вейко, А. А. Петров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
2. Григорьев, С. Н. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента: монография / С. Н. Григорьев, В. П. Табаков, М. А. Волосова. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 109 с.
3. Завестовская, И. Н. Процессы нано- и микроstructuring поверхности металлов под действием излучения твердотельных лазеров с диодной накачкой [Электронный ресурс] / И. Н. Завестовская, В. В. Безотосный и др. // Московское физическое общество «Физика и перспективные нанотехнологии», URL:<http://olymp-anotech2012.moomfo.ru/paperkrokhin>.
4. Григорьянц, А. Г. Методы поверхностной лазерной обработки [Текст] / А. Г. Григорьянц, А. Н. Сафонов. – М.: Высшая школа, 1987. – Кн. 3. – 191 с.

МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ APPIUS-PLM ТА ЇЇ ІНТЕГРАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ З T-FLEX CAD

***Бондар О.В., канд. техн. наук, доцент,
Солодун О.О., студент гр. ТМ-18-2м***

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

Система Appius-PLM 2018 – це багатофункціональний інформаційний комплекс для управління життєвим циклом виробу, що дозволяє об'єднати конструкторські та технологічні підрозділи в єдиний

інформаційний простір підприємства. Крім того, забезпечується можливість ефективної взаємодії з ERP-системою для планування і управління виробництвом. Система об'єднала в собі всі найсучасніші і необхідні підприємствам модулі для організації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва в різних галузях промисловості.

В області конструкторської підготовки виробництва Arrius-PLM 2018 забезпечує: управління електронними документами (ГОСТ 2.051-2013); ведення електронної структури виробу (ЕСІ) (ГОСТ 2.053-2013); роботу декількох фахівців над проектами; створення і ведення захищеного електронного файлового архіву; створення і редагування виконань; розмежування прав доступу; роботу з обмежувальним переліком стандартних і інших виробів, електро- і радіоелементів і матеріалів; автоматичну перевірку актуальності повідомлень про зміну; автоматичне формування електронної структури виробу на основі 3D-моделей.

Для технологічної підготовки виробництва в системі передбачений окремих модулів Arrius-Технологія, який забезпечує: опис складних технологічних маршрутів з повторними заходами по цехам / дільницям; створення в електронному вигляді одиничних технологічних процесів з різних видів виробництва; формування групових і типових технологічних процесів; роботу з обмежувальним переліком основних і допоміжних матеріалів, а також засобів технологічного оснащення; створення карт виробничого процесу; можливість автоматизації матеріального і трудового нормування.

Для узгодження і "електронного" затвердження конструкторсько-технологічних даних в системі передбачений бізнес-процес узгодження. За замовчуванням узгодження передбачає обмеження прав на внесення змін із застосуванням забороненої політики безпеки. Внесення змін в рамках затверджених (узгоджених) конструкторських і / або технологічних даних проводиться за допомогою механізму повідомлень про зміни.

В результаті на основі конструкторсько-технологічних даних формується виробничо-технологічна ЕСІ - з паралельним відстеженням помилок по незаповненим параметрам, необхідним для розрахунку планової собівартості.

Механізм інтеграції систем Arrius-PLM 2018 і 1С: ERP заснований на обміні загальними довідниками між конфігураціями на підставі спеціалізованих правил. Основну інформацію у вигляді ресурсних специфікацій і маршрутних карт готує спеціалізований ERP-компонент за даними виробничо-технологічної ЕСІ.

Особливу увагу заслуговує комплект інтеграційних модулів для CAD-систем, що забезпечує створення конструктивної структури виробу з сформованої конструктором в CAD-системі тривимірної моделі. Базова частина цієї моделі в Arrius-PLM 2018 розміщується автоматично за допомогою відповідного PLM-компонента. Проводиться розбір всіх наявних конфігурацій і створення на їх основі електронної структури виробу, з приміщенням всіх пов'язаних файлів в ArriusPLM. Такі PLM-

компоненти розроблені для наступних CAD-систем: SOLIDWORKS, Solid Edge, Autodesk Inventor, T-FLEX CAD, КОМПАС-3D.

Компанія APPIUS розробила новий модуль під назвою PLM-компонент до T-FLEX, що забезпечує взаємодію CAD-системи T-FLEX з Appius-PLM - системою управління життєвим циклом виробу. Цей компонент надає можливість зберігання конструкторської інформації, що з'являється в процесі проектування, в єдиному інформаційному просторі підприємства - для використання її на всіх подальших етапах життєвого циклу.

Експлуатація Appius-PLM спільно з T-FLEX (як і з багатьма іншими CAD-системами) забезпечує багато переваг, такі як:

- збереження конструкторської документації в єдиній базі даних Appius-PLM, завантаження в базу всіх файлів 3D-моделей і креслень з одночасним формуванням коду цілісності;
- перегляд і редагування 3D-моделей, що відкриваються в CAD-системі безпосередньо з бази даних;
- автоматична побудова електронної структури виробу (ЕСІ) на підставі його 3D-моделі - з урахуванням всіх виконань, а також перевіркою на унікальність по основних атрибутів моделі (позначення, найменування, група параметрів і т.д.);
- дотримання всіх правил щодо внесення змін в архівні / затверджені конструкторські документи з відстеженням стану елементів і документів ЕСІ в системі;
- організація колективної роботи конструкторської групи в рамках єдиного проекту;
- блокування можливості одночасної зміни одних і тих же файлів різними користувачами;
- перегляд картинки вторинного представлення 3D-моделей без залучення CAD-системи;
- імпортування та робота з CAD-бібліотеками стандартних виробів.

Централізоване сховище даних в рамках Appius-PLM, укупі з встановленим інтеграційним модулем в рамках CAD-системи (для кожного локального робочого місця конструктора) забезпечує можливість колективної роботи з конструкторськими даними в створеній на підприємстві єдиному інформаційному середовищі. При цьому основним робочим інструментом проектувальника і раніше залишається CAD-система, а відповідальність за зберігання даних і доступ до них для перегляду та внесення змін повністю делегується системі Appius-PLM.

До основних особливостей T-FLEX, з точки зору інтеграційного модуля, відносяться: можливість роботи з параметричними моделями і побудовою на основі параметрів конфігурацій елементів ЕСІ; використання єдиного формату файлу для зберігання інформації о 3D-моделях складальної одиниці, деталі і креслення. Ознакою створення того чи іншого елемента в ЕСІ служить його ідентифікація в рамках CAD або ознака наявності в складі вкладених 3D-фрагментів.

В результаті застосування нового PLM-компонента ті підприємства, що використовують в якості інструменту 3D-проективання систему T-FLEX CAD, отримують можливість повноцінно управляти життєвим циклом виробів в рамках Arrius-PLM при безшовній взаємодії з найпоширенішими системами управління ресурсами підприємства (класу ERP), розробленими на платформі 1С: Підприємство.

Наявність в арсеналі Arrius-PLM великої кількості PLM-компонентів для взаємодії з CAD-системами, найбільш затребуваними в машино- і приладобудуванні, дає право вважати Arrius-PLM системою класу Multi-CAD.

Список посилань

1. Arrius-PLM СУПД [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.itweek.ru/industrial/news-company/detail.php?ID=202053>
2. Функціонал Arrius-PLM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tadviser.ru/index.php>

СПРУТ-ТП – КРОК ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

***Бондар О.В., канд. техн. наук, доцент,
Хорольський А.І., студент гр. ТМ-18-1м
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна***

З урахувань тенденцій розвитку сучасного машинобудування, ускладнення технологічних процесів виготовлення продукції та значного збільшення конструкторсько-технологічної документації, постає необхідність в правильній автоматизації підготовки виробництва.

Трудомісткість і вартість технологічної підготовки виробництва (ТПП) зростає з року в рік. За останні 20 років трудомісткість збільшилася в 3 рази. Збільшення складності ТПП викликано наступними причинами: машини і прилади стають з року в рік все складніше. Прилади і машини насичуються електронікою, використовуючи нові матеріали, потрібно більш висока точність виготовлення деталей і вузлів. Таке ускладнення приводить до збільшення трудомісткості проектування технологічних процесів; у промисловості зараз широко використовуються верстати з числовим програмним управлінням. Для них необхідна розробка операційної технології складання керуючих програм, що також призводить до збільшення трудомісткості проектування технологічних процесів, в даний час необхідно проектувати якісні технологічні процеси, тобто вироби, виготовлені з цих процесів, повинні відповідати вимогам конструктора і мати мінімальну вартість, отже потрібно проектувати оптимальні технологічні процеси. Від цього багато в чому залежить прибуток фірми. [1].

Вирішенням багатьох з цих проблем є САПР – ТП. Одним з таких засобів є СПРУТ-ТП – це програмне забезпечення для автоматизованого проектування і нормування технологічних процесів.

Основним завданням систем САПР – ТП полягає в тому, щоб по заданій САД-моделі виробу скласти план його виробництва, створення операційної або маршрутної карти. Даний план містить вказівки про послідовність технологічних і складальних операцій, використовуваних верстатах і інструментах і т.д. Технологічна підготовка виробництва завжди здійснюється за наявній базі даних типових технологічних процесів, які застосовуються на конкретному підприємстві[1].

Залежно від підходу до автоматизованої технологічної підготовці завдання САПР – ТП можуть трохи відрізнятися, існує два підходи - модифікований (варіантний) і генеративний. При модифікованому підході завдання САПР-системи полягає в пошуку найбільш схожого виробу в існуючій базі даних і пред'явленню його операційної карти для модифікації. При модифікованому підході широко застосовуються групова технологія, що дозволяє проводити класифікації деталей в сімейства схожих. Генеративний підхід полягає в розпізнаванні у деталі типових конструктивних елементів та застосування до них типових

впровадження нових технологічних процесів (токарна обробка, свердління і т.д.) [1].

СПРУТ-ТП виконує наступні функції [1]:

- автоматизація розробки і нормування технологічних процесів;
- формування документації: від конструкторської специфікації до виробничих документів;
- управління процесом технологічного проектування;
- підготовка даних для систем управління ресурсами підприємства ERP і планування виробництва MES.

Наступні проблеми з якими стикається підприємство, можливо вирішити лише за допомогою СПРУТ-ТП (або подібним до неї системами): управління проектами (робота на рівні замовлення або виробу; вбудована система технологічного документообігу. Інтеграція з провідними PDM / PLM системами: SWE-PDM, Лоцман та інші.); ведення конструкторських специфікацій (склад виробів, замовлення); розв'язання, застосування, запозичення (автоматичне розв'язання з підрахунком загальної кількості ДСЕ на виріб, пошук і автоматичне застосування технологічних процесів по базі даних, підтримка цехових маршрутів); матеріальне нормування (в будований класифікатор марок матеріалів і сортamentів; розрахунок маси заготовки, коефіцієнта використання матеріалу, норми витрат матеріалу з урахуванням довжини прокату або розмірів листа, ширини різку, облік мінімальної довжини на затиск, підрахунок числа заготовок з прокат; проектування технологічних процесів (маршрутне і операційне проектування); розрахунок режимів обробки і трудове нормування; формування зведених відомостей і

виробничих документів; адміністрування СПРУТ-ТП; правління нормативно-довідковою інформацією. [2]

Данна система є одним із важливих центрів життєвого циклу виробу, так як поєднує у собі можливість створення лише за допомогою 3D моделі та необхідних знань фахівця створити всю необхідну конструкторсько - технологічну документацію для виготовлення деталі, у короткий час, за вдяки великій базі даних та взаємодії з іншими PDM/PLM системами.

У програмному продукті, зберігається інформація про структуру та геометрію виробу (як результат проектування в системі CAD), про технологію виготовлення (як результат роботи системи САПР - ТП) і керуючі про грами для обладнання з ЧПУ (як вихідна інформація для обробки в системі САМ на обладнанні з ЧПУ).

Однією з найважливіших переваг використання СПРУТ-ТП є те що керівнику простіше контролювати роботу відділу(В системі реалізовані спеціальні функції для управління роботою технологічних підрозділів.) [2]

Керівник отримує можливість: призначати всередині системи терміни і виконавців на роботи зі створення документації; контролювати хід розробки ТП; отримувати оперативні дані про стадії виконання роботи, як по підрозділах, так і персонально.

У СПРУТ-ТП вбудовані функції імпорту / експорту дерева об'єктів і вмісту документів по стандартному формату "xml", що дозволяє швидко і просто налаштувати обмін даними з зовнішніми системами.[2]

Таким чином, при використанні СПРУТ-ТП на машинобудівному підприємстві скорочується трудомісткість розробки ТП, значно скорочуються час створення ТП, підвищується продуктивність праці технологів, підвищується керованість розробки технологічного процесу виготовлення виробу. До недоліку можливо віднести лише те, що для роботи з програмним продуктом необхідно проводити відповідне навчання.

Список посилань

1. Хараджиев. А.Н., Прес-релиз СПРУТ-ТП, апрель 2014.
2. СПРУТ-Технологія [Електронной ресурс]. – режим доступу: <https://www.sprut.ru/products-and-solutions/products/sprut-tp/?tab=90>

КОМПОЗИЦІЙНЕ ЛИТВО РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГІРНИЧИХ КОМБАЙНІВ

Борушак Л.О., канд. техн. наук, доцент,

Борушак С.Л., студент гр. ПМКм-18-1

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Робочі органи гірничих комбайнів (рис.1) виготовляють, зазвичай, шляхом механічної обробки корпусу з цапфою кріплення та наступним

наплавлюванням зносостійкого робочого шару. Довжина конічної робочої частини становить 150 мм при діаметрі основи 146 мм. Внаслідок значних внутрішніх напружень під час роботи наплавлений шар розтріскується і сколюється. Для досягнення високої стійкості робочої поверхні бажано створити робочий поверхневий шар як одне ціле з корпусом інструмента.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд робочого органу гірничого комбайна

Ми пропонуємо сумістити процес отримання зносостійкого робочого шару із стадією отримання заготовки шляхом композиційного армування та легування в процесі відцентрового литва. Запропонований спосіб доцільно реалізувати на машині для відцентрового литва і армування виливків [1]. Особливістю вказаної конструкції є можливість зміни частоти обертання ливарної форми, положення її осі обертання відносно горизонталі та можливість локального введення в розплав армуючих та (або) легуючих компонентів.

Для отримання композиційного виливка необхідно виконати наступні операції процесу:

- нанести на внутрішні робочі поверхні ливарної форми (кокілю) антипригарний шар та нагріти форму в печі до температури 380-420°C;
- встановити кокіль у чашу ливарної машини і засипати у дозатори необхідну кількість порошкових легуючих та зернистих армуючих компонентів;
- розплавити в тиглі печі (індукційної, електрошлакової тощо) необхідну кількість якісної конструкційної сталі;
- надати ливарній формі обертання відносно вертикальної осі з частотою 220-250 об/хв і почати заливати рідкий метал з одночасним засипанням з дозатора легуючих та армуючих компонентів;

- продовжувати засипати з дозатора легуючі та армуючі компоненти з одночасною зміною кута нахилу форми до 20-22° до горизонту і збільшенням частоти обертання форми до 520-560 об/хв;

- після закінчення кристалізації металу в армованій зоні збільшують частоту обертання форми до 65-700 об/хв і заливають решту рідкого металу;

- після кристалізації виливка зупиняють ливарну машину і виймають виливок.

Схема процесу отримання заготовок робочих органів зображена на рис.2.

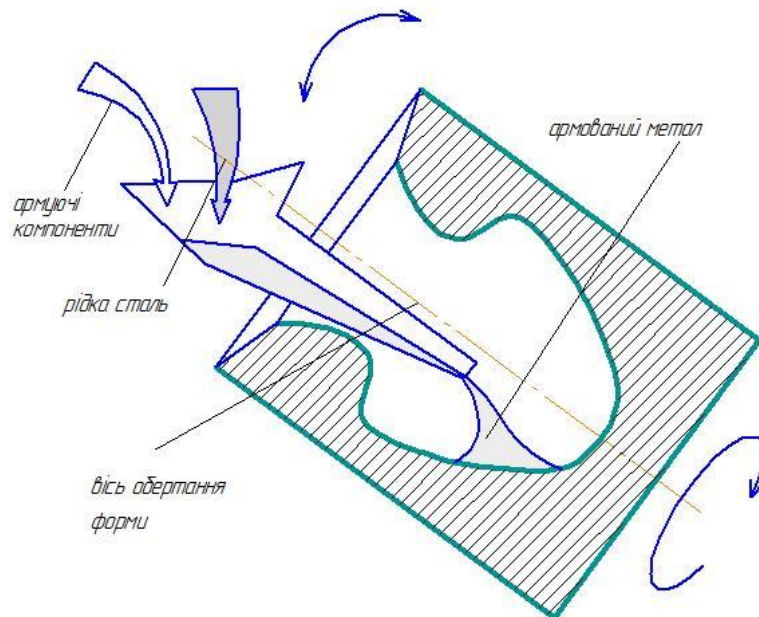


Рисунок 2 – Схема отримання литих заготовок

Під дією відцентрових сил армуючі компоненти з більшою густиною розміщуються в периферійному об'ємі виливка

Внаслідок розчинення легуючих порошків (карбіди тугоплавких металів) у приповерхневій зоні утворюється евтектоїдна зносостійка структура легованого металу, а зернистий наповнювач (зазвичай це карбіди вольфраму) надає поверхні виливка твердості.

Залишається виконати чистову механічну обробку поверхонь, якими інструмент встановлюється у барабан гірничого комбайна.

Список посилань

1. Пат.72194 України МКП В22D 13/02. Машина для відцентрового литва і армування виливків / Шуляр І.О., Борушак Л.О., Борушак С.Л.; заявник і патентовласник Шуляр Ірина Орестівна; заявл.31,1,2012% опубл. 10,08,2012, Бюл.№ 15.

2. Юдин С.Б. Центробежное литье / Юдин С.Б., Левин М.М., Розенфельд С.Е. – Москва: Машиностроение, 1972 – 279 с.

3. А.С. 1610681 СССР, МКИ В22D 19/00 Способ получения армированных изделий / Борушак Б.О., Борушак Л.О., Бугай Ю.Н., Петрина Ю.Д. (СССР); публикация в открытой печати запрещена; приоритет 20.07.1988.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ТА ОЦІНКИ КОМПОНУВАНЬ ВЕРСТАТІВ

*Васильченко Я.В., д.т.н., доцент,
Хорошайло В.В., к.т.н, ст.викл., Сукова Т.О., асистент,
Шаповалов М.В., асистент, Саєнко М.О., аспірант,
Железняк В.Р, магістрант, Гармаш М.О., магістрант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,*

Важкі верстати є основою технологічного обладнання цієї галузі. Їх сумарна вартість настільки значна, що нераціональне конструювання і використання важких верстатів веде до великих економічних втрат

Вироблення обґрунтованих вимог до важких верстатів з адаптивним керуванням можливе тільки на основі узагальнення і дослідження певної кількості характеристик деталей, що виготовляються підприємствами важкого машинобудування.

Таким чином, для підвищення ефективності важкого машинобудування необхідно вирішити актуальну науково-технічну проблему - розроблення основи проектування важких верстатів з адаптивним управлінням.

. Підвищення якості компоновок несучої системи і зменшення термінів проектування верстатів можна досягти перейшовши від синтезу з подальшим відбором традиційними методами за який обчислюється критеріям якості до синтезу компоновок на основі експертних знань. Досліджено зовнішній і внутрішній силовий чинники, а також вплив корпусних елементів компоновки на точність, стабільність точності, габарити верстата і на цій основі розроблені нові і модифіковані старі правила відбору компоновок за зазначеними критеріями.

При експлуатації несуча система верстата відчуває на собі внутрішнє і зовнішнє силовий вплив. Внутрішнє силовий вплив пов'язано з переміщенням ваг рухомих блоків. Зовнішнє силовий вплив виникає від зусиль різання. Різноманіття силового впливу, його залежність від багатьох факторів, деякі з яких змінні в часі, ускладнюють використання їх в реальному вигляді для оцінки компонувань верстатів. Запропонована систематизація за габаритним розміром – розміром в напрямку переходу до чергового конструктивного блоку (рис 1).

Решта габаритних розмірів конструктивних елементів визначиться в залежності від їх службового призначення і положення в структурі компонування.

Було виділено чотири розмірних груп корпусних елементів.

Перехід елемента з групи в групу здійснюється за ознакою кратності основного розміру. Даний підхід дозволяє мати досить широкі межі переходу, що особливо важливо при обліку різних структурних особливостей компоновки. Це дозволяє варіювати розміри корпусних елементів, не переводячи їх в інші групи, однозначно враховувати

компонувальні чинники якості для подальшого опрацювання конструкції верстату.

Якщо за базову величину основного розміру прийняти висоту базової деталі верстату, а відповідний їй елемент позначити як елемент типу А, то співвідношення розмірів конструктивних елементів різних груп до елементу типу А для верстатів одного типорозміру матимуть наступні значення:

- для елементів групи А (стійка) - 1
- для елементів групи В - 0.5:
- для елементів групи С - 0.25;
- для елементів групи Д - 0.125.

Прийняття висоти стійки за базову величину слідує також з того факту, що елементи цієї групи мають найбільший розмір розглянутого параметру і положення їх у просторі однозначно. Це дозволяє визначити напрямок переходу до чергового конструктивного блоку - основи.

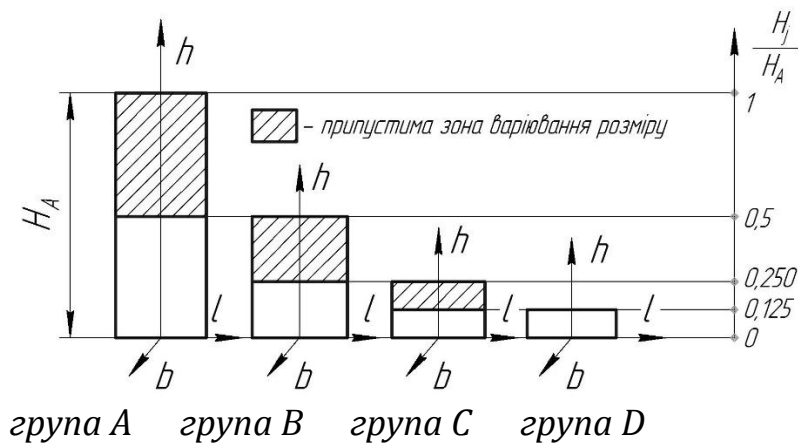


Рисунок 1 – Систематизація корпусних елементів за габаритно-компоновочній ознаці для автоматизованого синтезу компоновок несучої системи верстата

Кожна група конструктивних елементів характеризується своїм габаритно-компонувальних коефіцієнтом, рівним відношенню висоти конструктивних елементів даної групи в напрямку переходу до висоти елемента групи А. Позначимо цю кількісну характеристику компонування через H_j .

Вироблена систематизація дозволяє при синтезі компонування наближено визначити вильоти елемента компонування за габаритно-компоновочному коефіцієнту групи конструктивного елемента, переходу і положенню в структурі компонування. Назвемо цю величину "умовним вильотом", так як вона в якійсь мірі відрізняється від істинного вильоту і виражається в умовних одиницях. Вона визначається з виразу:

$$V_i = \sum_{j=1}^k P_{ij} H_j$$

де V_i – умовний виліт по i -й вісі K -го елемента:

P_{ij} – перехід по i -й вісі j -го елемента: якщо співпадає з напрямком вісі, то дорівнює - (1), не співпадає - (-1);

H_j – габаритно-компоновочний коефіцієнт конструктивного елемента j -ї групи.

Проведена систематизація корпусних елементів верстату, яка дозволила зв'язати їх параметри і положення в структурі компоновки з показниками точності, стабільності точності і габаритами, розробити групу нових правил і модифікувати старі для відбору при синтезі компоновок верстатів.

Розроблена база знань, що включає цільові правила проектування, яка полегшує виконання обґрунтованого вибору компоновок при синтезі за критеріями точності, стабільності точності і мінімальним габаритам.

Розроблене програмне забезпечення для автоматизованого, структурного синтезу компоновок несучої системи верстату з використанням бази знань підвищує ефективність і якість проектування.

Результати досліджень були використані при розробці важких верстатів з ЧПК підвищеної точності виробництва ПрАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування».

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ЗА РАХУНОК ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

***Васильченко Я.В., д.т.н., доцент, Шаповалов М.В., асистент,
Переходченко С.С., магістрант, Казанцева Т.Ю., магістрант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна***

Тенденцією розвитку сучасного важкого машинобудування є використання металорізальних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Для підвищення ефективності використання цього виду обладнання все ширше застосовуються системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП).

Аналіз існуючих на даний момент методик, використовуваних для автоматизованого призначення режимів обробки показує, що вони не забезпечують необхідної точності. При здійсненні технологічного процесу на автоматично призначених режимах різання закладена в розрахунок стійкість інструменту, як основний показник надійності обробки, не збігається з дійсною.

Дослідження в галузі забезпечення надійності механічної обробки дозволили встановити, що причина подібного розбіжності, що тягне за собою недовикористання, або перевитрата різального інструменту, лежить в наявності розкиду ріжучих властивостей інструменту і фізико-механічних властивостей оброблюваних матеріалів, які є продуктами металургійного виробництва, особливості якого не дозволяють отримувати матеріали з вузьким допуском на хімічні і фізико-механічні властивості.

Зважаючи на збільшення обсягу використання в сучасному машинобудуванні верстатів з ЧПУ і повсюдного впровадження САПР ТП розробка технологічних основ і алгоритмів для модуля автоматизованого розрахунку параметрів процесу різання САПР ТП, що дозволяють підвищити надійність механічної обробки за рахунок оперативної інформації про фізико-механічні властивості різального інструменту і оброблюваного матеріалу, представляється важливим і актуальним завданням.

Показано, що способи визначення режимів обробки, що застосовуються в сучасних САПР ТП, володіють недостатньою точністю для того, щоб забезпечити ефективне використання верстатного обладнання, оснащеного пристроями ЧПУ. Встановлено, що основною причиною неточності способів визначення режимів обробки, використовуваних в САПР ТП, є застосування в емпіричних залежностях фіксованих усереднених значень поправочних коефіцієнтів, які враховують властивості оброблюваного та інструментального матеріалу, без урахування допустимих по ТУ коливань їх властивостей.

Зроблено висновок про те, що підвищити точність визначених режимів різання можливо за рахунок оперативного отримання та використання інформації про властивості кожної контактної пари сталевих заготовка - твердосплавний інструмент і про умови обробки. Перенесення розрахунку режимної частини технологічного процесу безпосередньо в систему ЧПУ сприяє зниженню витрат часу на технологічну підготовку виробництва і дозволяє реалізувати алгоритми розрахунку, засновані на отриманні оперативної інформації. Встановлено принципова можливість використання термоЕРС пробного проходу для оцінки властивостей контактних пар сталевих заготовка - твердосплавний інструмент для трьох стадій токарного оброблення та стадії напівчистої / чистої фрезерної обробки.

Доведено наявність кореляційної зв'язку між твором коефіцієнтів C_v , K_v , що характеризують ріжучі властивості інструменту, механічні властивості оброблюваного матеріалу і умови різання, і величиною термоЕРС пробного проходу. Підбрано її математичний опис з достатнім ступенем точності для автоматизованих розрахунків параметрів процесу різання.

Модифіковані математичні залежності для автоматизованого розрахунку швидкості різання на трьох стадіях токарного оброблення за

допомогою використання оперативної інформації про властивості кожної контактної пари.

Розроблено структурну схему САПР ТП, орієнтованої на складання технологічних процесів і керуючих програм для верстатів з ЧПУ з розташуванням модуля розрахунку режимів обробки безпосередньо в пристрої ЧПУ.

Розроблено алгоритм роботи модуля САПР ТП для автоматизованого розрахунку режимів трьох стадій токарної обробки на основі способу параметричної оптимізації режимів різання методом лінійного програмування з використанням симплекс-методу. Реалізована запропонована методика оптимізації режимів різання токарної обробки в вигляді програми для персональної ЕОМ.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СПРАЛЕЙ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА БУРОВИХ ДОЛОТАХ РІЗАЛЬНО-СКОЛЮЮЧОЇ ДІЇ

*Войтенко П.І., канд.тех.наук, доцент,
Семань М.М., студент*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

При плануванні будівництва свердловин вибір типу долота для певних умов є однією з основних проблем, з якими стикаються бурові підприємства. Бурильний інструмент займає незначну частку загальної вартості свердловини, але є основним компонентом економіки її буріння, яка безпосередньо залежить від швидкості буріння і від тривалості відпрацювання долота у вибої, особливо при бурінні глибоких свердловин, де висока вартість часу використання бурової установки і вартість спуско-підйомних операцій, необхідних для заміни доліт.

Все ширшого застосування набувають долота типу PDC різально-сколюючої дії з вставними твердосплавними (алмазними) елементами, які є спадкоємцями лопатевих і колонкових доліт з природними алмазами. Найдоцільніше такі долота використовувати для розбурювання рихлих, м'яких і слабозцементованих порід таких як вапняки, пісковики, сланці, мармур, оскільки міцність таких порід на зсув менша міцності на стискування і з усіх основних механізмів руйнування таких порід різання є найефективнішим так як вимагає меншої енергії руйнування [1], [3]. Вибійні бічні, осьові і крутильні вібрації долота від нерівномірної реактивної дії струменя промивної рідини та пружних осьових коливань бурильної колони суттєво підвищує ефективність процесу різання. Таке поєднання обертового руху звичайного свердла з його осьовими

коливаннями в декілька разів прискорює свердління отворів в бетонних, гранітних, чи цегляних конструкціях.

Аналіз відпрацювання бурових доліт типу PDC вітчизняного виробництва (наприклад долота Буг-220-МС, [4]) свідчить, що причиною недостатньої швидкості проходки при бурінні такими долотами є нерівномірне навантаження на породоруйнівні елементи з віддаленням їх від осі долота та нераціональне їхнє розміщення на лопатях. При цьому траєкторії багатьох зубків співпадають (рис.1 і рис.2), створюючи глибокі борозни і долото не працює по всій поверхні вибою, а впирається корпусом і зависає.

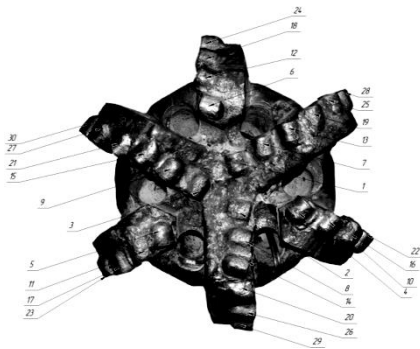


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд забірної частини долота Буг-220МС з пронумерованими зубками

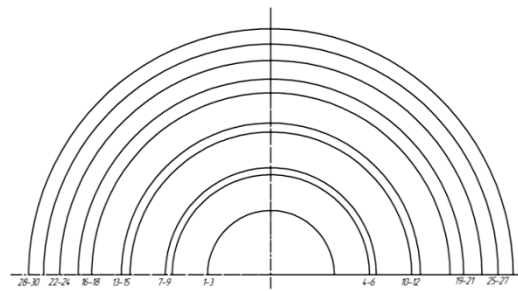


Рисунок 2 – Уявні сліди переміщення зубків при обертанні долота в свердловині

Оскільки різальні вставні елементи найбільше підлягають спрацюванню з віддаленням їх від осі обертання долота, то їх необхідно розташовувати таким чином, щоб крок між породоруйнівними елементами зменшувався до периферії і не накладались їхні траєкторії максимально покриваючи зони руйнування.

Розглянувши особливості ряду математичних моделей спіралей (Архімедова, Ферма, гіперболічна, логарифмічна...) встановлено, що при проектуванні нових моделей бурових доліт типу PDC найдоцільніше використовувати спіраль Ферма (рис.3), що задається на площині в полярних координатах рівнянням

$$r^2 = a^2 \varphi \quad (1)$$

де a – коефіцієнт, який відповідає за величину кроку;

r – радіус спіралі;

φ – кут повороту.

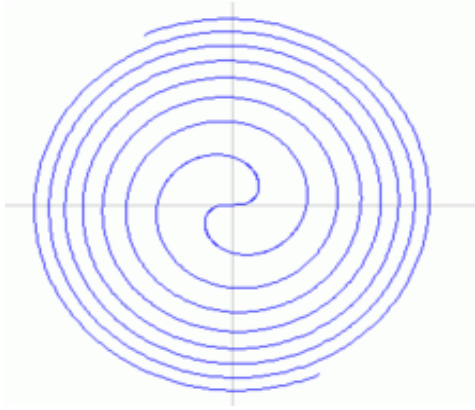


Рисунок 3 – Спіраль Ферма

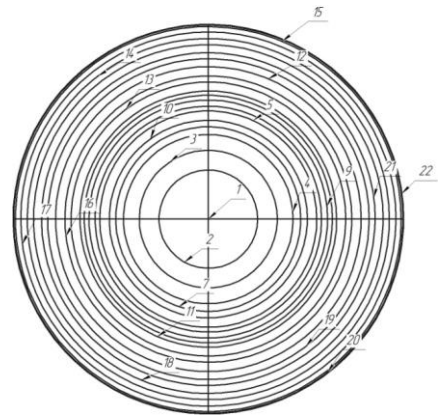


Рисунок 4 – Уявні сліди переміщення зубків при обертанні спроектованого долота в свердловині

Для цього формулу 1 необхідно перевести в декартову систему координат.

Для побудови однієї вітки система рівнянь матиме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= a\sqrt{\varphi} \cdot \cos(\varphi) \\ y &= a\sqrt{\varphi} \cdot \sin(\varphi) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В двійній спіралі друга вітка, яка дзеркально відображає першу, отримується за системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} x &= -a\sqrt{\varphi} \cdot \cos(\varphi) \\ y &= -a\sqrt{\varphi} \cdot \sin(\varphi) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Для побудови спіралі кут φ приймається рівним 0 радіан і збільшується з кожним кроком на величину $\pi/24$.

Для побудови прямих ліній, які визначатимуть розміщення лопатей на забірній частині долота, задають точку початку координат (0;0), а за точки кінця, переведені з полярної в декартову систему координат довжину, рівну половині діаметра долота, і відповідні кути нахилу φ . Для шестилопатевого долота відповідно 0° , 60° , 120° , 180° , 240° , 300° . Точки перетину прямих з спіраллю визначатимуть можливі координати розміщення твёрдосплавних зубків на лопатях долота. З множини таких точок вибираються найдоцільніші з врахуванням розмірів вставних зубків та їхньої кількості.

На рис. 4 представлені сліди траєкторій вставних зубків при роботі спроектованого долота у вибої.

Розміщення твердосплавних зубків в тілі лопатевого долота запропонованою методикою забезпечує руйнування породи різанням чи різанням-сколюванням по всій поверхні вибою, що не дає можливості утворюватись міжзубцевим виступам.

Таке розміщення зубків сприяє однаковому їхньому силовому навантаженню і відповідно, забезпечує рівну стійкість від спрацювання в процесі руйнування породи. Збільшення шляху різання з віддаленням до периферії і, відповідно, енергетичне навантаження компенсується зменшенням ширини зони руйнування кожним зубком.

Список посилань

1. Дверий В.П. Бурение скважин лопатными долотами. М., Недра, 1971.
2. Caraway D, Hayward J, Taylor MR, Roberts T.S. Rotary Drill Bits U.S. Patent 5,504,210 May 18, 1999.
3. Willams J.L. and Thompson A.I.: An Analysis of the Performance of PDC Hybrid Drill Bits, Louisiana, USA, March 15-18, 1989.
4. Патент № 101904, Україна. ПМК⁷ E21B 10/14. Бурова головка з генераторною схемою різання /Крижанівський Є.І., Коцкулич Я.С., Білецький Я.С., Білецький М.С., Синюшкович М.В., Колос І.Я. - № 201201235; заявл. 07.02.2012; опубл. 11.06.2012, Бюл. №11.

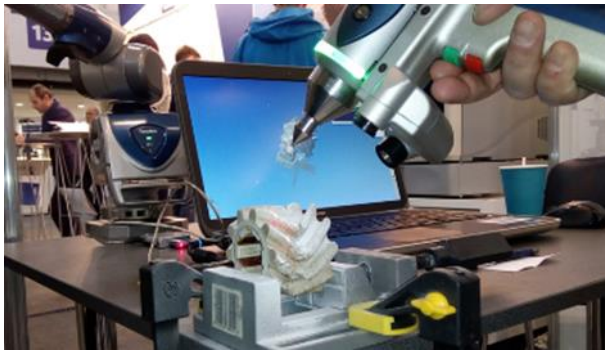
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕІНЖІНІРИНГУ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

***Воронцов Б.С., докт. техн. наук, професор,
Немерцев Д.О., магістрант***

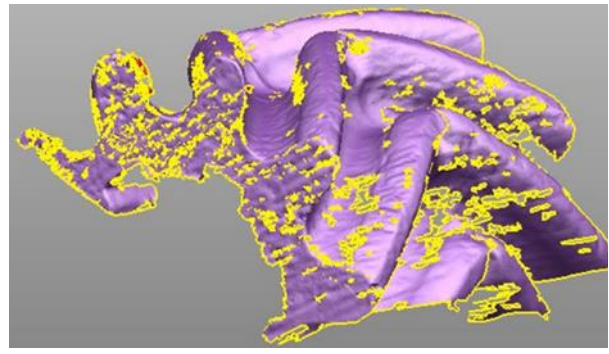
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Одними з найпоширеніших і складних деталей машин є зубчасті колеса. Часто при ремонті відсутні кресленики зубчастих передач, і в цьому випадку виникає необхідність реінжинірингу. Реінжиніринг зубчастих зачеплень необхідний і в інших випадках: при різних експертизах, пов'язаних з виявленням причин поломок, зносів і відмов в роботі передач, особливо у випадках, пов'язаних з аваріями; при реставрації колекційних машин і механізмів; для дослідження або відтворення зразка передач; при модернізації обладнання тощо [1].

Процес отримання початково інформації в узагальненому вигляді представлено на рис. 1. Безконтактний лазерний сканер за один прохід сканує зону певної фіксованої ширини (рис. 1а). Далі формується поверхня, яка обволочує хмару точок (рис. 1б) [2,3].



а)



б)

*Рисунок 1 – Сканування зношеного зубчастого колеса
а) використання для сканування КИМ FARO Edge ScanArm HD;
б) поверхня колеса, побудована з хмари точок*

В роботі реалізовано оригінальний підхід до технології реінжинірингу зубчастих зачеплень для умов зношених зубчастих коліс з використанням сучасних апаратно-програмних комплексів створення електронного еталону зубчастих коліс. Розроблено оригінальне програмне забезпечення, в основі якого лежить уніфікована математична модель, інваріантна до вихідного профілю зубчастого зачеплення.

Список посилань

1. Воронцов Б.С. Наукові основи технології реінжинірингу зубчастих зачеплень / Б.С. Воронцов, В.А. Пасічник // Прогресивні технології в машинобудуванні: VI міжнар.наук.-техн. конф., 6-10 лют. 2017 р.: тези доп. – Львів: Львівська політехніка, 2017. – С. 28 – 30.
2. Pasichnyk V.A. Reinzyniering przekładni zębatych na bazie modelu zunifi kowanego opisu parametrów /V.A. Pasichnyk, B.S. Vorontsov // Technologia i automatyzacja montażu. - №1. -2018. - P.55-60.
3. Pasichnyk V. Reengineering gear based on the model of unified description parameter / V. Pasichnyk, B. Vorontsov // Technika I Technologia Montażu Maszyny (TTVV-2017): IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, 6-9 czerwca 2017. – Rzeszów–Czarna. – P.49.

ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРЕВАГИ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИМИ ЩІТКАМИ

***Гончар Н.В., к.т.н., доцент,
Біла А. П., магістрант***

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

Фінішна обробка металевими щітками на теперішній час широко поширена на виробництві, що обумовлено високою ефективністю процесу, відносно низькою вартістю інструментів, а також можливістю обробки складнопрофільних та тонкостінних деталей. Особливістю цього

інструменту є те, що необхідна шорсткість оброблюваних поверхонь досягається без зміни розміру деталі. Дія щіток характеризується відносно невеликим силовим тиском і розподіленою силою, яка може швидко змінювати інтенсивність. Це дає можливість проводити полірування, зачищення, поверхневе зміцнення деталей, обробку зварних швів, очищення поверхонь від фарб, бруду, іржі та ін. Однією з переваг використання такого інструменту є зменшення вимог до точності відносного позиціонування інструменту і деталі (завдяки гнучкості волокон), зниження витрат на автоматичні пристрої і їх програмування при обробці фасонних поверхонь. У зв'язку з цим, актуальним є вивчення можливості використання металевих щіток на багатокоординатних верстатах. Також гнучкість волокон дозволяє більш рівномірно впливати на поверхню деталі, на відміну від шліфувальних кругів.

Проволочні волокна щіток не лише знімають виступаючі ділянки мікропрофілю, але й досягаючи дна найдрібніших нерівностей і поглиблень округлює їх і видаляє гострі кути, які є концентраторами напружень і можуть призвести до утворення тріщин. Обробка щітками є досить простим і ефективним методом підвищення втомленої міцності, корозійної стійкості та зносостійкості, яка забезпечується високою твердістю зміцненої поверхні і наявністю окисної плівки на ній після обробки.

Одним з особливих типів металевих щіток є голкофрези. Вони мають більшу жорсткість та відмінні технологією виготовлення, характером роботи та режимами обробки. Голкофрези здатні знімати значний шар металу (до 4 мм) і з легкістю видаляють тверду гарячекатану окалину і альфований шар великої твердості з титанових сплавів [1]. Очищення таким інструментом можна вважати найбільш економічним.

Метою работ є аналіз переваг та недоліків використання різних металевих щіток для фінішного етапу обробки деталей, після формоутворюючих операцій на багатокоординатних верстатах, не знімаючи деталі з верстата.

Основні проблеми, що виникають в процесі підготовки до фінішної обробки це вибір типу і параметрів щітки, та оптимальних режимів. Для твердих металів (сталь, чавун) використовують сталеві щітки з діаметром ворсу 0,15...0,2 мм; для м'яких (алюміній, мідь) - з діаметром не більше 0,1 мм [2]. Також слід зазначити, що чим менша довжина ворсу і більше діаметр, тим сильніше ефект обробки.

Рекомендована колова швидкість щіток знаходиться в межах від 10 до 60 м/с. Більш точне значення обирається залежно від виду обробки. При роботі зі щітками необхідно відповідально підходити до вибору сили притиснення. Якщо вона буде вище оптимальної, то на поверхні можуть виникнути небажані смуги і несприятлива шорсткість. Щоб уникнути цього також слід застосовувати спеціальні ЗОТЗ.

Список посилань

1. Серебrenицкий П.П. Обработка деталей механическими щетками / П.П. Серебrenицкий. – Ленинград: Лениздат, 1967. – 152с.
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.gtool.ru/testy/azy-primeneniya-schetok/>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ВАЛКОВОГО МЛИНА

*Гринь О.Г., к.т.н., професор, Жаріков С.В., к.т.н., доцент,
Соцький І.М., студент, Наталенко В.В., студент*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Валкові середньоходові млини для розмелювання кам'яного вугілля встановлюються на теплових електростанціях і розраховані на безперервну роботу в системі приготування пилу. Терміни експлуатації деталей машин, механізмів, як правило, визначаються зносостійкістю їх робочих поверхонь. Відомий ряд методів збільшення зносостійкості шляхом обробки поверхневих шарів (цементация, хромування, поверхнева гарт, наплавка і ін.). Найбільш ефективним з яких є метод наплавлення твердими сплавами. Спосіб дозволяє не тільки збільшити зносостійкість деталі, а і відновити її геометричні характеристики. Вважається, що для зменшення абразивного зношування першочерговим є застосування металу більш високої твердості. Зносостійкість багатьох матеріалів: легованих білих чавунів, інструментальних високовуглецевих сталей, наплавлень сормайтотом і ін. - підвищується зі збільшенням твердості. Однак зі зростанням твердості різко збільшується крихкість, і деталі з таких матеріалів неприпустимо часто виходять з ладу в результаті поломок в процесі експлуатації.

У зв'язку з цим в роботі розглянуті умови експлуатації та види впливу на деталі валкового млину, фактори, які впливають на абразивну зносостійкість. Дослідження показали, що абразивна зносостійкість сталей з 1,1% С закономірно зростає в міру зменшення концентрації марганцю від 13 до 3%. Зі зменшенням концентрації марганцю так само монотонно збільшуються такі параметри, як мікротвердість на поверхні зношування і питома робота руйнування при терті.

Крім того, отримані результати розрахунку коефіцієнта зміцнення ($H_{вих}/H_{кін}$), вихідної мікротвердості, точки початку мартенситного перетворення та кількості мартенситу на поверхні після абразивного зносу. Отримані результати випробувань при абразивному зношуванні ($K_{зн}$), мікротвердість поверхні до ($H_{вих}$) і після ($H_{кін}$) випробування, і кількість мартенситу на поверхні (ΣM) досліджуваних сталей. Зміна коефіцієнта зносостійкості при абразивному зносі показала, що зі збільшенням

марганцю в сталях з 1,1% С коефіцієнт зменшується, що пояснюється збільшенням стабільності аустеніту і відповідно зменшенням вкладу утворення мартенситу деформації в зміцнення поверхні при абразивному зношуванні.

В результаті всебічного вивчення умов експлуатації та характеру зношування деталей валкового млина, а також досліджень впливу структури сплавів на їх опірність безударному абразивному зношуванню в поєднанні з високими тисками абразивної маси на робочу поверхню, вдалося визначити структурний стан сплавів.

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

Гузенко В.С., канд. техн. наук, доцент,

Савченко А.С., магистрант,

Гордеев И.А., магистрант, Денищик К.В., магистрант

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

При выборе конструкции резца следует учитывать целый комплекс его свойств [1]. При черновой обработке деталей производительность и приведенные затраты в значительной мере определяются прочностью и жесткостью резца, а при чистовой – жесткостью и износостойкостью резца.

Прочность определяет величину так называемой экономической подачи s_z и расход твердого сплава, а жесткость – предельную по виброустойчивости глубину t_{\max} резания и точность обработки. Прочность и жесткость сборного резца в значительной степени зависят от формы пластины, а также от способа ее базирования и крепления.

Из всех размеров пластины наибольшее влияние на прочность резца оказывает толщина. Для резцов с горизонтальной пластиной, работающих в тяжелых условиях, это влияние учитывается поправочным коэффициентом на подачу $K_S=(h/h_0)^{0,55}$, h – толщина пластины; $h_0=0,65H^{0,7}$ (H – высота резца).

Свойствами многогранных неперетачиваемых пластин зависят от их формы в плане, что учитывается следующими поправочными коэффициентами:

$$K_t=(\varphi/60)^{0,8}; K_s=(60/\varphi)^{0,5}(\varepsilon/90)^{0,3}; K_v=(60/\varphi)^{0,25}(\varepsilon/90)^{0,15}.$$

где: K_t – коэффициент максимальной глубины резания характеризующий жесткость пластины; K_s – коэффициент максимальной подачи, характеризующий прочность пластины; K_v – коэффициент максимальной скорости v резания, характеризующий износостойкость пластины; φ и ε – главный угол и угол при вершине в плане.

При базировании и креплении горизонтальных пластин составляющие P_x и P_y силы крепления должны быть направлены в сторону базовых опорной и упорной поверхностей соответственно. Наибольшую силу P_0 обеспечивает схема, в которой пластина закрепляется по конической или фасонной поверхности, что увеличение силы крепления повышают прочность инструмента.

При работе резцов опорная пластина может перемещаться, что вызывает вибрацию резца, для устранения которой необходимо уменьшить подачу на 5...10 %. Поэтому в таких резцах опорную пластину следует крепить дополнительно.

При вертикальном расположении пластин в резце справедливы рассмотренные выше закономерности, хотя степень влияния отдельных факторов может быть другой.

Для обеспечения качества и точности обработки особенно важно выдержать заданную плоскостность и параллельность опорных поверхностей пластин и опоры, минимальный вылет режущей пластины, твердость гнезда державки под пластину.

Резцы с механическим креплением пластин благодаря большей износостойкости и стабильности позволяют на 14 ... 23 % повысить производительность обработки.

Перечень ссылок

1. Хае Г. Л., Левин В. И. Повышение качества инструмента и эффективности обработки деталей на тяжелых станках. М.: НИИ-маш. 1982. – 42 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОЦИКЛОВОЇ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ ПІСЛЯ ФРИКЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ

*Гурей І.В., д.т.н, професор, Гурей Т.А., к.т.н., Гурей В.І., к.т.н.
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

Багато деталей машин зазнають впливу циклічних низькочастотних навантажень, які перевищують границю текучості матеріалу. Руйнування під час малоциклової втоми має свою специфіку, інтенсивність деформування характеризується накопичуванням великих пластичних деформацій. Характер цього процесу залежить від багатьох факторів, до яких слід віднести фізико-механічні властивості металу та вид навантаження.

Процес руйнування металу при малоциклової втоми можна розділити на три стадії. На першій стадії проходять структурні зміни в об'ємі деформованого металу та накопичування дефектів ґратки. Тривалість даної стадії становить біля 1 % довговічності зразка. Друга стадія характеризується зароджуванням первинних втомних тріщин. У зернах

з'являються мікроскопічні блоки, лінії ковзання та мікротріщини. Величина блоків залежить, в основному, від амплітуди першого циклу і при подальшому навантаженні не змінюється. Друга стадія найтриваліша і становить 75-97 % тривалості роботи зразка чи деталі. На третій стадії проходить злиття мікротріщин у великі магістральні тріщини, які і приводять до кінцевого руйнування.

При малоцикловому руйнуванні проходить накопичування великих пластичних деформацій, і тому не всі методи обробки і зміцнення придатні для підвищення довговічності деталей, особливо при експлуатації в корозійних середовищах. Виникає питання, як буде впливати на опір малоцикловому втомному руйнуванню фрикційне зміцнення сталі, яке значно змінює структурно-напружений стан поверхневого шару металу. У поверхневому шару формується зміцнений шар з нанокристалічною структурою.

Дослідження опору малоцикловому втомному руйнуванню проводили на плоских зразках розміром $2,5 \times 12 \times 55$ мм зі сталі 20 у нормалізованому, сталі 45 у загартованому і низьковідпущеному та сталі 65Г у загартованому і середньовідпущеному станах чистим згином при жорсткому навантаженні з частотою 0,83 Гц як на повітрі, так і в 3 %-ному водянному розчині *NaCl*, а також при катодній поляризації.

Фрикційне зміцнення робочих поверхонь зразків проводили на модернізованому плоскошліфувальному верстаті. Як технологічне середовище використовували мінеральну оливу, насичений водняний розчин мінеральних солей на основі хлоридів магнію і кальцію (ВРМС) та поверхнево активну мастильно-охолоджувальну рідину (ПАР).

Дослідження показали, що фрикційне зміцнення з використанням як технологічне середовище ВРМС і ПАР суттєво підвищує опір малоцикловому втомному руйнуванню сталі 45 у загартованому і низьковідпущеному стані як при низьких так і високих деформаціях. Фрикційне зміцнення сталі з використанням мінеральної оливи суттєво підвищує опір малоцикловому втомному руйнуванню лише при низьких деформаціях ($\epsilon < 0,5$ %), при високих же ($\epsilon > 0,5$ %), навпаки, понижує його. При фрикційному зміцненні з використанням як технологічне середовище ПАР підвищення довговічності при малоцикловому руйнуванню як на повітрі так і корозійному середовищі незначно підвищується порівняно зі зміцненням з використанням як технологічне середовище ВРМС. У даному випадку обидва технологічних середовища, які використовуються при фрикційному зміцненні, є поверхнево активними і практично однаково впливають на довговічність при малоцикловому руйнуванні.

При дослідженні на повітрі збільшення опору руйнуванню досягає 1,4 разів, а у корозійному середовищі (3 %-ному розчині *NaCl*) - 2,4 разів у порівнянні з незміцненими зразками. При низьких деформаціях, крім пластичності і в'язкості підкладки позитивний вплив на довговічність зразків мають залишкові напруження стиску, які залягають на велику

глибину, що значно перевищує товщину зміцненого шару. При високих деформаціях вони швидко релаксують і вплив їх на процес руйнування різко зменшується.

При фрикційному зміцненні з використанням як технологічне середовище ПАР та ВРМС у поверхневих шарах зразків створюється не тільки зміцнений шар більшої товщини, аніж з використанням мінеральної оливи, але і більшої товщини перехідна зона з пониженою мікротвердістю. Перехідна зона має також і вищу в'язкість, аніж мартенсит звичайного гартування. Вона є буферною прокладкою і сповільнює процес накопичування втомних пошкоджень та утворення і розповсюдження втомних тріщин. Крім цього, залишкові напруження стиску більші за величиною та глибиною залягання. Шорсткість зміцненої поверхні краща після фрикційного зміцнення з використанням ПАР у порівнянні зі зміцненням з використанням мінеральної оливи.

Аналогічна картина спостерігається при дослідженні на опір малоцикловому втомному руйнуванню сталі 65Г у загартованому і середньовідпущеному стані. Експерименти показали, що при високих амплітудах деформації вихідні (незміцнені) зразки зі сталі 65Г мають більш високу довговічність, аніж після фрикційного зміцнення. При низькій амплітуді зміцнені зразки довговічніші шліфованих. Фрикційне зміцнення з використанням ВРМС та ПАР підвищує опір мало цикловому втомному руйнуванню при амплітудах $\varepsilon < 1,5 \%$, а з використанням мінерального мастила – лише при $\varepsilon < 0,5 \%$. При високих амплітудах деформації ($\varepsilon > 1,5 \%$) поверхнєве зміцнення сталі 65Г є неефективним, так як понижується опір малоцикловому втомному руйнуванню.

Якість поверхневих шарів найбільш чітко визначають корозійні середовища. Тому нами були проведені випробування на малоциклову втому також у 3 %-ному водяному розчині $NaCl$ і у цьому ж середовищі з катодною поляризацією. Досліди показали, що характер залежностей кривих малоциклової втоми від цих же видів оброблення такий самий, як і при випробуваннях на повітрі, але відрізняється кількісно.

При катодній поляризації відбувається інтенсивне наводнення металу і, не дивлячись на повний його захист від корозії, спостерігається різке зниження довговічності як вихідних, так і фрикційно зміцнених зразків у порівнянні з довговічністю на повітрі. Таке різке зниження довговічності пояснюється адсорбційним зниженням міцності середовищем і окрихченням сталі воднем, який виділяється при катодній поляризації. У цьому випадку фрикційне зміцнення не так сильно як на повітрі, понижує довговічність зразків при високих амплітудах деформації і більш помітно збільшує кількість циклів до руйнування при низьких ε у корозійному і у наводненому середовищі. Відсутність підвищення довговічності після фрикційного зміцнення при високих ε в усіх середовищах пояснюється різною пластичністю поверхневих шарів вихідних і зміцнених зразків. Хоча білий шар має більш високу

пластичність, ніж мартенсит звичайного гартування, все ж він менш пластичний, ніж серцевина після гартування і середнього відпуску і тому першим приймає на себе навантаження, а отже, першим руйнується. Ситуація змінюється при низьких ε , особливо у наводненому середовищі, де відбувається зміцнення серцевини у результаті деформаційного старіння і дії водню. При випробуванні у повітрі зразків після фрикційного зміцнення довговічність підвищується внаслідок деформаційного старіння. Крім цього, при низьких ε позитивний вплив на довговічність зразків в усіх розглянутих випадках виявляють залишкові напруження стиску, що виникають при фрикційному зміцненні, які при високих ε релаксують значно швидше, ніж при низьких. Наявність залишкових напружень стиску також зменшує оклюзію водню у метал, що є причиною підвищення довговічності зміцненої сталі в розглянутих середовищах.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гурина Л.А., магистрант,

Вишнепольский Е.В., научный руководитель

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

Технологический процесс не стоит на месте, с каждым днем происходит усовершенствование цифровых технологий, что позволяет использовать новшества в различных сферах жизни человека. Аддитивные технологии - одни из самых передовых и востребованных во всем мире. Одной из таких технологий является послойное лазерное сплавление (selective laser melting – SLM). SLM позволяет создавать мастер-модели и непосредственно сложнопрофильные детали (Рис.1). Метод заключается в нанесении слоя порошка заданной толщины на плиту построения, закрепленную на подогреваемой платформе построения; последующем плавлении лучом лазера, слоя порошка сечения будущего изделия; опускание платформы вглубь колодца построения на величину, соответствующую толщине слоя построения.

Особенностью процесса лазерного синтеза по технологии SLM является то, что при построении детали лазерный луч не только сплавляет частицы порошка, формируя тело детали, но и «портит» материал, непосредственно прилегающий к поверхности строящейся детали. Поэтому в практике работы с SLM-машинами применяют методы просеивания отработанного материала с целью удаления «бракованной» части с дальнейшим перемешиванием «работавшего» порошка со свежим. В какой пропорции каждая компания решает по-своему. Таким образом, идентичность образцов, построенных на одной машине, из одного и того же порошка, но с учетом этих нюансов, также не гарантирована.



Рисунок 1 – Деталь, изготовленная методом селективного лазерного сплавления

Однако не смотря на огромное количество преимуществ существует целый ряд недостатков, сдерживающих их активное распространение. При послойном создании модели возникает так называемый step-эффект, существенно влияющий на качество поверхностного слоя (Рис.2). Он оказывает негативное влияние на качество поверхностного слоя, точность полученных деталей 50 мкм.

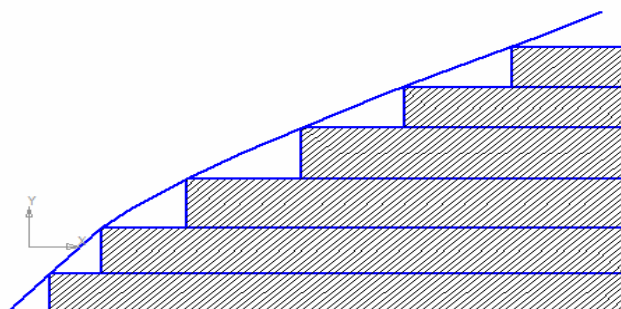


Рисунок 2 – Step-эффект

При формировании модели в ней возникают как объемные, так и поверхностные остаточные напряжения из-за неравномерности охлаждения. В результате шероховатость поверхности аддитивных моделей из металлических порошков, полученных различными методами, находится в интервале $Ra=2-10$ мкм.

Также одной из нерешенных проблем аддитивных технологий является обеспечение надлежащей микроструктуры синтезированного материала и устранение пористости. В ряде исследований показано, что пористость зависит как от материала, так и от параметров режима сплавления. Например, для алюминиевых сплавов пористость может достигать 4...5 %, для сплавов Ti – до 2 %, тогда как для сталей – менее 0,2%. Для устранения внутренней пористости для особо ответственных деталей применяют специальные методы термической обработки и

обработки давлением, включая НІР (Hot Isostatic Pressure) – горячее изостатическое прессование.

Еще один сдерживающий фактор для внедрения аддитивных технологий является отсутствие в стране серийного производства соответствующих порошков и их высокая стоимость.

Для получения требуемого качества поверхности используют следующие методы финишной обработки:

- пескоструйная и гидроабразивная обработка потоком бомбардирует поверхность заготовки абразивными частицами, приводимыми в движение из сопла с использованием сжатого воздуха или воды;

- обработка абразивным потоком, или абразивно-экструзионная обработка, – это процесс, заключающийся в экструзии вдоль обрабатываемых поверхностей вязкоупругих рабочих сред, наполненных абразивными зёрнами, который позволил существенно расширить технологические возможности обработки труднодоступных поверхностей сложнопрофильных деталей.

Аддитивные технологии имеют высокий потенциал, но есть ряд проблем, которые требуют дополнительных исследований в этой отрасли.

Перечень ссылок

1.Аддитивные технологии в машиностроении /М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. СПб. :СПбГУ, 2013. 221 с.

2.Довбыш В.М., Забеднов П.М., Зеленко М.А. Аддитивные технологии и изделия из металла. [Электронный ресурс]. URL:http://nami.ru/uploads/docs/centr_technology_docs/55a62fc89524bAT_etall.pdf.

3.Abrasive Flow Finishing of Stereolithography Prototypes / R. E. Williams, S. Komaragiri, R. Bishu, V. L. Melton. Rapid Prototyping Journal. Vol. 4, no. 2. P. 56–67.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ З ЗАМКНЕНОЮ ШАРНІРНО-СТРИЖНЕВОЮ СИСТЕМОЮ ПРИВОДІВ

Дмитрієв Д.О. докт. техн. наук, професор,

Федорчук Д.Д. аспірант

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Механізми паралельної структури як замкнені шарнірно-стрижневі системи механічних приводів займають сьогодні значний масив обладнання в багатьох технологічних галузях. В даних механізмах вихідна ланка (рухома платформа з інструментом або робочим органом) з'єднана з основою (станиною) декількома кінематичними ланцюгами, кожен з яких або містить привід, або накладає деяке число зв'язків на рух вихідної ланки. Особливості таких механізмів – змінна жорсткість в робочому просторі, що обумовлює область їх застосування як робото-технічного або технологічного обладнання, а в якості метало або дерево-обробних

верстатів постає задача про місце розташування оброблювальної деталі [1, 2].

Метою даної роботи є розробка теоретичної складової (математичної моделі) і експериментальної методики щодо оцінки майбутніх показників жорсткості та їх перевірки в заданій компоновці.

В якості дослідної компоновки прийнято верстат з паралельною кінематикою СФВПК-4 пірамідальної форми по патенту України № 86533, для якої проведено генерування зворотної задачі кінематики [3] з отриманням відповідних l -координат та зон обробки. Масив даних, що описує геометрію та результати рішення задачі зворотної кінематики надалі було імпортовано в блок оцінки жорсткості і відхилень траєкторії Tools Response [3, 4]. Параметром, що досліджується, була висота встановлення заготовки уздовж вертикальної осі z (рис. 1, а). Серія розрахунків для стратегії руху інструменту спіраль на сфері (див. рис. 1, а) зі зміною висоти розташування заготовки показує поступове зменшення похибки обробки (рис. 1, б). На нижньому положенні відбувається «видавлювання» деформацій напрямних з залишенням похибки, що виникає за рахунок лише деформації штанг глайд-обладнання (рис. 1, в).

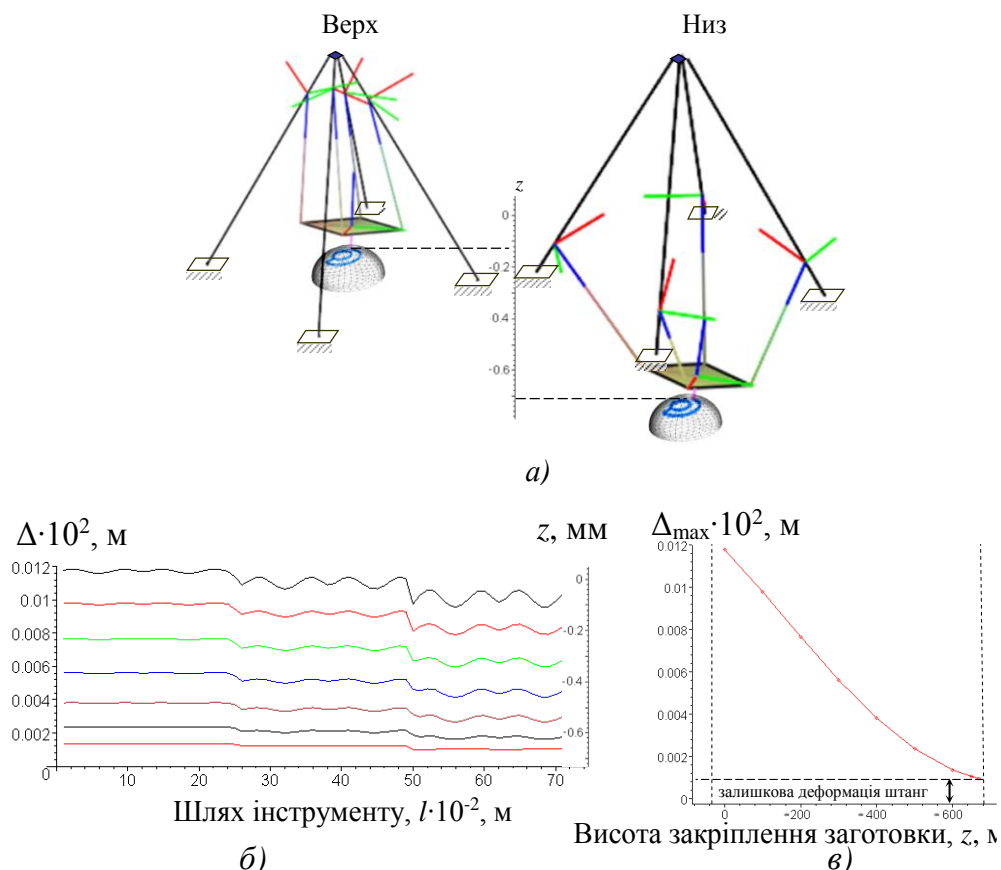


Рисунок 1 – Результати розрахункового експерименту : а) - можливі розташування заготовки по координаті z в робочому просторі верстату; б) - похибки як функції шляху інструменту; в) - максимальні похибки в залежності від розташування заготовки по координаті z

Експериментальне визначення просторової жорсткості вивчалось авторами [5-6]. Загалом методика випробування складалася в навантаженні стрижневої системи механізму динамометричним пристосуванням із попередньо встановленими індикаторами годинникового типу, що готові для вимірювань. В даній роботі запропоновано методику, яка на відміну від стандартної послідовності дій містить наступні етапи (рис.2):

1. Підведення рухомої платформи до циліндричної деталі до дотику пружної оправки 1, що контролюється індикатором 2.

2. Навантаження системи за рахунок кареток 3 до певного значення.

3. Встановлення індикаторів 4, 5, розташованих на магнітних стійках до спеціального упору 6 на рухомій платформі.

4. Відведення верстатного столу 7 у вільний бік – розвантаження системи.

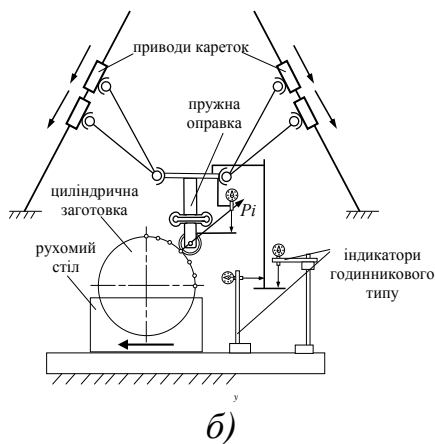
5. Зняття різниці показань на індикаторах 4 і 5, що були в п.3.

6. Повтор дій 1-5 в інших точках P_i циліндричної заготовки.

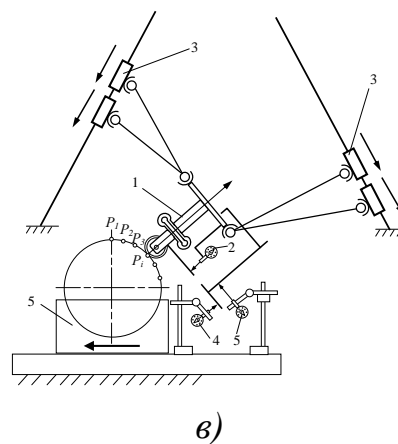
Дана послідовність виключає вплив стиків і зазорів на показники жорсткості, тому що вимірювання виконується після повернення механічної системи у початковий ненавантажений стан.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Пружне пристосування і циліндрична заготовка для упору оправки (а), схема і послідовність навантаження-розвантаження механізму для вимірювання пружних відтискань рухомої платформи без орієнтації (б) і з орієнтацією (в) до нормалі заготовки

В роботі розроблено і випробувано алгоритм щодо попереднього розрахунку і послідуочого вимірювання пружних відтискань на верстаті з паралельною кінематикою СФВПК-4 пірамідальної форми. Простежено зміну параметрів точності аналізованого обладнання як функції еліпсоїдів податливостей аж до прорахунку відхилень для заданої сили навантаження.

Список посилань

1. Кузнецов Ю.М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневич; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Упруго-напряженное состояние несущей системы станка пирамидальной компоновки / Кузнецов Ю.Н., Кеба П., Неделчева П.М. // Международная научно-практическая конференция UNITECH'13, г.Габрово, (Болгария), 2013.
3. Дмитрієв Д.О. Розробка технічних засобів проектування технологічного і верстатного обладнання каркасних просторових компоновок / Д.О. Дмитрієв, С.А. Русанов, А.А. Омельчук, Д.Д. Федорчук //Mechanics and Advanced Technologies Вісник НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Серія машинобудування. Вип.3 (81). – К: НТУУ «КПІ», 2017. - С. 54-62.
4. D.A. Dmitriev, V.V. Rachinskiy Theoretical and applied aspects of automated designing spatial frame for technological and machine-tool equipment // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів», Луцьк, 2018. - С. 311-3144.
5. Струтинський В.Б. Експериментальне визначення матриці жорсткості моделі гексапода / В.Б. Струтинський, А.М. Кириченко // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. - Кіровоград: КНТУ, 2011. - Вип. 40, ч. 1. - С. 133- 141.
6. Шелепко О.В., Кириченко А.М. Експериментальні дослідження багатокоординатного верстата паралельної структури "пентапод". Кіровоградський національний технічний університет. //Матеріали конференції "Сучасні технології промислового комплексу"- ХНТУ, Херсон 2015.- С.153-154

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЗБОРКИ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА ІЗ ПРУЖНИМ ЕЛЕМЕНТОМ

*Дорохов М.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Ромашкевич Д.С., магістрант*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Сучасне кранобудування ставить чіткі та жорсткі умови для передатних механізмів: надійність, мала вага, високе передатне співвідношення при малих габаритах, а також можливість демпфування динамічних навантажень за рахунок використання додаткового пружного елемента. Деякі з вказаних проблем можуть бути вирішені використання планетарної, хвильової або цевочної передачі, але в їхній кінематиці

відсутній пружний елемент, а саме його використання надає можливості зменшення динаміки механізму [1].

В конструкції такого редуктора відсутнє гнучке колесо, яке забезпечує рух хвилі при малій (2-4) різниці зубців колеса та шестерні. При виготовленні такої зубчастої пари виникає перетин ділильних діаметрів шестерні та колеса [2]. Цю проблему можна усунути, якщо збільшити міжцентрову відстань при виготовленні пари.

Результати створення такого редуктора показані на рисунку 1.

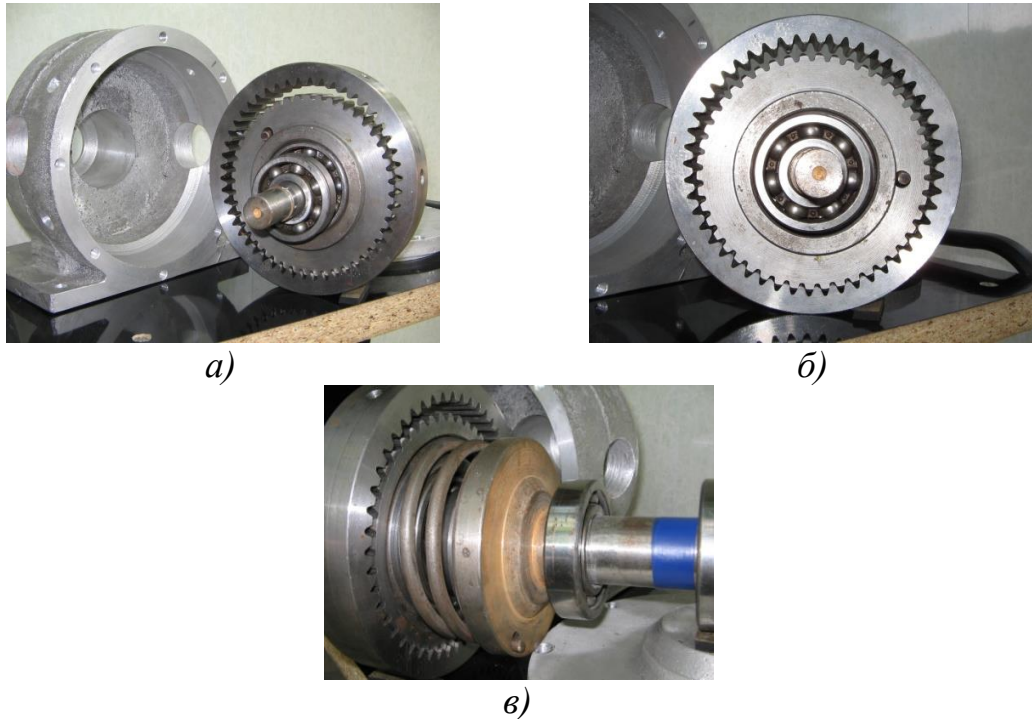


Рисунок 1 – Сполучення елементів конструкції пружньо-хвильового редуктора

Збільшення міжцентрової відстані забезпечує працездатність передачі, а циліндрична пружина між шестернею та веденим валом додатково надає можливостей по гасінню ривків та ударів, що виникають при роботі механізму.

Список посилань

1. Дорохов, Н.Ю. О применении волновой передачи с дополнительной жесткостью в механизмах ПТМ [Текст] / Підійомно - транспортна техніка. - Дніпропетровськ, 2009. – № 4(32). – С.81–86.
2. Дорохов, Н.Ю. Конструктивные особенности и область применения передаточных механизмов типа К-Н-V [Текст] / Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матер. XIV міжнар. наук.-техн. конф., 31 травня - 3 червня 2016 р. – Краматорськ: ДДМА, 2016. – С. 24.

ОЦІНКА ПОВЕРХНІ РІЗАННЯ ЗА БАЗОВИМИ ФРАГМЕНТАМИ ОСЦИЛОГРАМИ

*Дядя С.І., канд. техн. наук, доцент,
Пазій А.С., магістрант, Блід К.Г., магістрант*

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

У сучасному авіадвигунобудуванні кінцеве фрезерування – один з основних методів обробки складнопрофільних поверхонь деталей, що мають тонкостіні елементи. При цьому оброблена поверхня формується западинами, що залишаються не зрізаними з поверхні різання під час руху подачі. Якщо при фрезеруванні у першій та другій швидкісних зонах [1], коли під дією сили різання виникають тільки вимушені коливання, западини мають однакову глибину, то у третій швидкісній зоні додатково виникають автоколивання і западини мають різну глибину. Тому актуальною задачею є дослідження поверхонь різання, які, на жаль, під час фрезерування зрізаються.

На сьогоднішній день розробленою методикою [2] доведено, що форма поверхні різання ідентична до коливального руху деталі під час різання, що записується на осцилограмі. Якщо осцилограму поділити на ділянки, так звані базові фрагменти [3], що починаються від врізання першого зуба фрези і закінчуються врізанням наступного зуба та складаються з часу різання та часу холостого ходу, то можна оцінити зміни на поверхні різання, що відбуваються при кожному різанні зубом фрези. Завдяки тому, що сигнал, яким записано осцилограму, оцифровано, можна кількісно визначити значення показників поверхні різання. Довжина поверхні різання – l_p визначається за формулою

$$l_p = v_p \cdot t_p, \quad (1)$$

де v_p – швидкість різання фрези, мм/с;

t_p – час проходження поверхні різання зубом фрези, с.

Шаг – s між хвилями на поверхні різання визначається за формулою

$$s = v_p \cdot T_{AK}, \quad (2)$$

де T_{AK} – період автоколивань, с.

Висота хвиль від автоколивань на поверхні різання – w визначається за формулою

$$w = k \cdot \Delta, \quad (3)$$

де k – тарировочне значення індуктивного датчика, мм/В;

Δ – відхилення від положення рівноваги сигналу на осцилограмі, В.

За змінами цих показників досліджують формування обробленої поверхні після кінцевого фрезерування з автоколиваннями.

Список посилань

1. Дядя С.И. Систематизация колебаний при концевом фрезеровании тонкостенных элементов деталей [Текст] / С.И.Дядя, Е.Б.Козлова, Э.В.Кондратюк, А.Е.Зубарев, В.А.Кришталь //Вестник двигателестроения. №1,2016. С.68-71
2. Дядя С.И. Исследование формирования обработанной поверхности тонкостенного элемента детали при концевом цилиндрическом фрезеровании с автоколебаниями [Текст] /С.И. Дядя. //Сучасні технології в машинобудуванні: зб.наук. праць.–Харків: НТУ «ХПІ», 2017.- Вип.12. -С.5-18
3. Внуков Ю.Н. Автоколебания при фрезеровании тонкостенных элементов деталей [Текст] /Ю. Н Внуков., С.И.Дядя, Е.Б. Козлова и др. – Запорожье: ЗНТУ, 2017. - 208с.

ВПЛИВ ПЕРЕМІННОГО ОКРУЖНОГО КРОКУ КІНЦЕВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФРЕЗИ НА ЗМІНУ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ З АВТОКОЛИВАННЯМИ

*Дядя С.І., канд. техн. наук, доцент,
Штанкевич В.С., аспірант,*

Бондаренко В.А., магістр, Блід О.Г., магістр

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

Чорнове та напівчистове фрезерування важкооброблюваних матеріалів припадає на третю швидкісну зону, в якій діють регенеративні автоколивання [1]. Від їх інтенсивності залежить профіль обробленої поверхні. Тому актуальним є зменшення амплітуди автоколивань без зміни режимів різання, тобто продуктивності.

У роботі [2] було встановлено, що поверхні різання і фрагменти осцилограм з коливаннями при різанні мають ідентичну форму, і за ними можна вивчати зміни на поверхні різання.

Дослідження коливального процесу при фрезеруванні зразків з Ст.3 кінцевою циліндричною фрезою з перемінним окружним кроком зубців [3] здійснювалося з використанням спеціального стенду [4].

Колівання деталі при попутному фрезеруванні записувалися на осцилограмах при різних кутах розташування зубців. Зміна положення рухомого зуба фрези проводилася через кожні $2^{\circ}30'$ у межах від 0° (окружний крок між зубцями однаковий і рівний 180°) до 30° (крок між зубцями складав 150° та 210°).

Особливістю попутного фрезерування є те, що різання починається з найбільшої товщини перерізу, що зрізається, а закінчується найменшою. Це призводить до збільшення розмаху автоколивань. Для зниження їх інтенсивності необхідно, щоб при виході зуба фрези товщина перерізу збільшувалась. Цьому сприяє хвилястість, що залишається на поверхні

різання під час фрезерування. Якщо при русі подачі додати ще зміщення наступного зуба відносно попереднього, то за рахунок зсуву по фазі зуб інструменту на виході з деталі проходить через товщину перерізу, до якої ще додається виступ на поверхні різання. Це зменшує інтенсивність автоколивань в зоні профілювання. При обробці результатів експериментів було встановлено, що для даного матеріалу заготовки інтенсивність автоколивань зменшується у 1,7 рази, коли зсув по фазі знаходиться в межах (0,5 – 0,7) π. Це досягається тоді, коли кут між попереднім та наступним зубом фрези змінюється з періодичністю 5°.

Список посилань

1. Дядя С.И. Систематизация колебаний при концевом фрезеровании тонкостенных элементов деталей [Текст]/ С.И. Дядя, Е.Б. Козлова, Э.В. Кондратюк, В.А. Кришталь - Вісник двигунобудування, 2016. С.68-71.
2. Дядя С.И. Исследование формирования обработанной поверхности тонкостенного элемента детали при концевом цилиндрическом фрезеровании с автоколебаниями [Текст]/ С.И. Дядя //Сучасні технології в машинобудуванні. Харків: НТУ «ХП», 2017. Вип.12. С.5 – 18 с.
3. Пат. UA 122231 Україна, МПК (2016.01) B23C 5/00; Фреза з регульованими параметрами / Дядя С. І., Козлова О. Б., Штанкевич В. С., Комочкін М.С., заявник та власник патенту ЗНТУ – №u201707599; заявл 18.07.2017; опубл 26.12.2017, Бюл. № 24.
4. Внуков Ю.Н. Стенд для изучения механических колебаний при фрезеровании маложестких деталей при концевом фрезеровании [Текст] / Ю.Н. Внуков, В.А. Логоминов, П.А. Каморкин // Резание и инструмент в технологических системах. Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. Вып.180. С.32 – 37.

УСТОЙЧИВОСТЬ КАК ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

Ермакова С.А., старший преподаватель каф. ПТМ

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

В современных конструкциях самоходных кранов существенно повысились грузоподъемность, длина стрел, высота подъема груза и рабочие скорости, поэтому требуется разработка дополнительных мероприятий по обеспечению устойчивости кранов.

Устойчивость – это одна из важнейших характеристик крана, которая обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию данных машин. Как показывает опыт эксплуатации самоходных кранов около половины всех аварий этих машин связано с их опрокидыванием, потерей устойчивости, что приводит, как правило, к разрушению самой машины без возможности ее дальнейшего восстановления, а также возможным вторичным разрушениям и человеческим жертвам.

Условия работы самоходных кранов достаточно сложные. Они работают в стесненных местах, на неподготовленных площадках и выносные опоры устанавливаются на грунты различных физико-

механических свойств. Поэтому очень важно при расчете устойчивости учитывать не только внешние нагрузки на кран и их распределение, но и податливость грунта под опорами.

При установке самоходного крана в рабочее положение необходимо установить выносные опоры на рабочую площадку. В большинстве случаев приходится работать на открытых грунтах, имеющих различные коэффициенты сопротивления смятию. Слабые грунты способствуют сильному проседанию башмаков выносных опор и неровности установки крана, что может привести к потере устойчивости крана и возможном его опрокидывании. Поэтому обеспечение безаварийной работы крана на выносных опорах и стабильной работы на различных грунтах одна из важнейших задач при проектировании и эксплуатации самоходных кранов.

Исследования устойчивости и влияния удельных давлений на грунт показали значительное снижение погружения опорных элементов в грунт, в особенности на слабых грунтах при выборе рациональных параметров опорных площадей аутригеров. Для обеспечения безаварийной работы крана в экстремальных условиях на выносных опорах и стабильной работе на различных грунтах на кафедре «Подъемно-транспортных машин» Донбасской государственной машиностроительной академии разрабатываются мероприятия по усовершенствованию конструкций выносных опор, в том числе опорных плит, или противовеса, изменяющего свое положение относительно центра тяжести крана.

Задачи дальнейших исследований разработать конструкторские и технологические рекомендации.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ З ЕКЗОТЕРМІЧНОЮ СУМІШШЮ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ШТАМПОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

***Жаріков С.В., к.т.н., доцент, Гринь О.Г., к.т.н., професор,
Соловійов В.М., студент, Головченко Д.А., студент,
Орлов Г.М., студент***

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

В даний час для промисловості України важливе значення має відновлювальне наплавлення штампового інструменту. Для відновлення і зміцнення штампів перспективним є застосування самозахисних порошкових дротів (СПД) [1, 2]. Однак для СПД характерно відставання плавлення осердя від оболонки, що погіршує властивості і однорідність наплавленого металу.

Для поліпшення характеристик плавлення СПД застосовується введення до складу шихти порошкового дроту екзотермічних сумішей [3]. Тепловий ефект екзотермічної реакції доповнює тепло дуги і зменшує відставання плавлення осердя від оболонки, покращуючи характеристики

плавлення порошкових дрітків. Тому вивчення впливу екзотермічної суміші в складі шихти СПД на властивості наплавленого металу є актуальним питанням.

Досліджувався вплив екзотермічної суміші на ударну в'язкість наплавленого металу. Для дослідження були виготовлені СПД з екзотермічною сумішшю в складі окалини і алюмінію, і без екзотермічної суміші. Вміст екзотермічної суміші в складі шихти СПД становив 40 масових відсотків. Наплавлення валиків на пластини зі сталі 45, які попередньо підігрівалися до температури 200 °С, виконувалося на режимі $I_{зв} = 380 \dots 400 \text{ А}$, $U_{д} = 29 \dots 30 \text{ В}$, $V_{зв} = 19,3 \text{ м/год}$. Після наплавлення зразки охолоджувалися під шаром флюсу.

Найбільший вплив на ударну в'язкість наплавленого металу має величина зерна сталі [4]. Дослідження величини зерна показали, що середній розмір зерна при наплавленні СПД з екзотермічною сумішшю зменшується. Використовуючи результати експериментального дослідження величини зерна аустеніту і формулу [4], був побудований графік залежності величини ударної в'язкості від середнього діаметра зерна.

Аналіз результатів досліджень показав, що введення екзотермічної суміші до складу шихти СПД призводить до збільшення ударної в'язкості на 30 %, що обумовлено утворенням більш дрібнозернистої структури наплавленого металу.

Список посилань

1. *Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами / И. К. Походня и др. – К. : Наукова думка, 2004. – 448 с.*
2. *Гринь А. Г. Анализ причин выхода из строя деформирующего инструмента, технологии восстановления и повышения долговечности / А. Г. Гринь, С. В. Жариков, А. Д. Дудинский // Науковий вісник ДДМА. – Краматорськ, 2016. – № 3 (21Е). – С. 61–66.*
3. *Андреев В. В. Современное состояние и технология термитной сварки / В. В. Андреев, П. Е. Дуденко, М. В. Ушаков и др. // Автоматическая сварка. – 1990. – №2. – С. 67-70.*
4. *Узлов И. Г. Влияние параметров микроструктуры колесной стали на её вязкие свойства / И. Г. Узлов, А. И. Бабченко, Ж. А. Дементьева, А. А. Кононенко, А. Л. Сафронов // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. научн. тр. – Дніпропетровськ : ІЧМ НАН України, 2007. – Вип. 14. – С. 202-210.*

ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Жученко А.Г., магистр,

Вишнепольский Е.В., научный руководитель

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

Развитие техники приводит к постоянному ужесточению требований. Требования к производству машиностроительной продукции, постоянно растут. К этим требованиям относятся снижение затрат времени на

производство и внедрение, межремонтный период, повышение качества деталей или узлов оборудования, повышения надежности и долговечности деталей, повышение таких параметров как износостойкость, прочность и т.д.

Одним из путей решения указанных проблем является применение методов поверхностно-пластического деформирования. К таким методам относится алмазное выглаживание. Благодаря ему повышаются прочностные характеристики и качество поверхностного слоя деталей. Повышаются их эксплуатационные свойства. Метод обеспечивает высокую твердость, малый коэффициент трения, значительную износостойкость, хорошую теплопроводимость и термостойкость.

Повышение надежности деталей достигается за счет повышения прочности поверхностного слоя, наведения благоприятных остаточных напряжений, их распределения по сечению детали, сглаживания микронеровностей. Эффект упрочнения проявляется при переводе очага зарождения усталостной трещины с поверхности в подслоиную область.

Алмазное выглаживание позволяет восстановить несущую способность деталей машин за счет наведения сжимающих остаточных напряжений и повышения микротвердости для сталей, обладающих высоким значением микротвердости на 5-20%, и на 20-60% для мягких сталей.

Принято считать, что основное влияние на упрочнение поверхностного слоя и формирование остаточных напряжений оказывает сила выглаживания P_y . Обычно при назначении режимов упрочнения указывают силу и подачу. Однако при использовании алмазных выглаживателей разного радиуса, будет возникать различное удельное давление на поверхность обработки, что в свою очередь приведет к разной степени деформации поверхностного слоя. При выглаживании тонкостенных деталей игнорирование влияния удельного контактного давления может привести к деформированию детали.

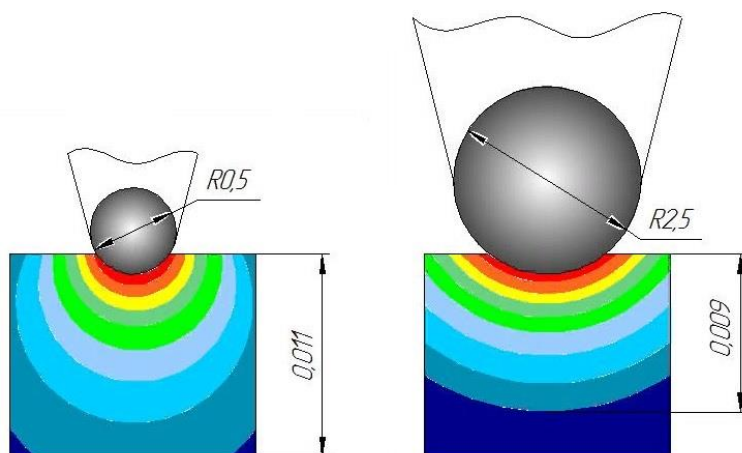


Рисунок 1 – Графическое изображение влияния удельного контактного давления при алмазном выглаживании на обрабатываемую поверхность

В результате можно сделать вывод, что алмазное выглаживание тонкостенных деталей в качестве основного режима обработки необходимо принимать удельное контактное давление на поверхность обработки.

Перечень ссылок

1. Повышение несущей способности деталей машин алмазным П42 выглаживанием/ В.К. Яценко, Г.З. Зайцев, В.Ф. Притченко, Л.И. Ивченко – М.: Машиностроение, 1985. – 323 с., ил.
2. Барац Ф.Я., Кочетков А.В. Режимы и качество обработки инструментов из быстрорежущих сталей методом ППД / Автомобильная промышленность. 2013. № 2
3. Суслов А.Г., Гуров Р.В., Ташевских Е.С. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. № 2. С. 20-22.

ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ В ДЕТАЛЯХ ТРАНСПОРТУ

Загора О.А., Селіверстов І.А.,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,

Селіверстова С.Р.

Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна

Застосування композиційних покриттів забезпечує новий якісний стрибок у збільшенні потужності двигунів, енергетичних і транспортних установок та зменшенні маси машин і приладів.

Галузі застосування композиційних газотермічних покриттів не обмежені. Вони застосовуються:

- в авіації для високонавантажених деталей літаків, двигунів (лопатки компресора і турбіни);
- в космічній техніці для вузлів силових конструкцій, апаратів, що піддаються нагріванню, і для елементів жорсткості панелей;
- в автомобілебудуванні для полегшення ресор, рам, панелей кузовів, бамперів;
- в гірській промисловості (буровий інструмент, деталі комбайнів);
- в цивільному будівництві (прольоти мостів, елементи збірних конструкцій висотних споруд);
- в інших галузях народного господарства.

Досить поширено газотермічні покриття використовуються в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ). Так, наприклад, зниження теплових втрат у ДВЗ призводить до збільшення його ККД, але при цьому зростає і його робоча температура. Внаслідок цього, такі деталі, як клапани, головка поршня і кришка блоку циліндрів, мають потребу в теплозахисних покриттях. Наприклад, у роботі [1] був запропонований склад композиційного покриття на основі керамічного порошку Al_2O_3 і ZrO_2 , який плакований нікель-алюмінієм.

Досить успішно для нанесення теплозахисного покриття був використаний складний оксид циркону $ZrSiO_4$, плакований алюмінієм [2]. Циркон володіє унікальними властивостями. Він у 40 разів дешевше ZrO_2 , стабілізованого CaO . Покриттям, які вироблені з нього, властиві висока термостійкість і низька теплопровідність [3]. У роботі були проведені дослідження покриттів з композитних порошків $ZrO_2 - Al$ і $ZrSiO_4 - Al$. Проведені стендові випробування покриттів на поршнях ДВЗ показали збільшення ресурсу роботи у 5 разів. Зносостійкі покриття, що нанесені плазмовим способом на блок циліндрів, були досліджені у роботі [4]. Вихідним матеріалом для покриттів слугували композиційні порошки на основі заліза, нержавіючої сталі та композиції $Al_2O_3 - ZrO_2$. Відмічено істотне збільшення зносостійкості за рахунок твердих включень оксидів. Якщо блок циліндра виготовлений із твердої кераміки, то поршневі кільця повинні мати зносостійке покриття із близьким до матеріалу блоку коефіцієнтом термічного розширення. Багатокомпонентні плазмові покриття можуть бути самозмащувальними до $870\text{ }^\circ\text{C}$ [5]; приклад - покриття з 30% ніхрому, 30% Ag , 25% CaF і 15% скла (для запобігання окислювання ніхрому). Срібло поліпшує зносостійкість при низьких температурах, що важливо, наприклад, під час запуску двигуна. Зовнішній шар стабілізованого ZrO_2 на покриттях $NiCr$ або $NiCrAlY$ змінного складу товщиною до 0,8 мм з успіхом застосовується на головках поршнів дизелів морських суден, що використовують звичайне паливо. Низькосортне паливо містить ванадій, який вступає в реакцію зі стабілізуючими домішками Y_2O_3 або CaO , що призводить до інтенсивного розпаду покриття, більш стійкими є стабілізуючі домішки MgO [6]. Кришки блоків циліндрів великих дизельних двигунів із плазмово-напиленими покриттями з кераміки, що самоущільнюються, добре протистоять впливу газових продуктів, які містять сірку при температурах до $1500\text{ }^\circ\text{C}$ в умовах термоударів і втомних напруг [7]. Проблема покриттів для дизельних двигунів розглянута в роботі [8].

Досить актуальним є використання плазмових покриттів для заміни чавунних гільз блоку двигуна внутрішнього згорання. Так в роботі [9] досліджувались плазмові покриття на основі Fe і Al . За результатами дослідження хімічного складу та механічних властивостей композицій $Fe-Al$, Fe_3Al та бронзи ПГ19М встановлені основні характеристики, які визначають зносостійкість. Встановлено, що покриття $Fe-Al$, Fe_3Al володіють високою зносостійкістю, а за антифрикційними властивостями можуть успішно конкурувати з бронзами та чавунами [10].

Таким чином, аналіз використання композиційних покриттів різного складу в деталях енергетичних, транспортних установок та збірних конструкцій дозволяє визначити перспективи і особливості їх застосування для забезпечення теплозахисних, зносостійких та інших спеціальних властивостей покриттів.

Список послань

1. Применение композитных порошков типа керамика –алюминий –никель для получения покрытий/ Н. Н. Новиков, С. Р. Пустотина, Б. М. Соловьев, Н. М. Пискарева, В.К. Толоч //Порошковая металлургия. –1979. –№11. –С. 24–28.
2. Применение композитных порошков для нанесения теплоизоляционных покрытий / Л. К. Глухова, Н. Н. Новиков, С. Р. Пустотина, А. М. Яцечко // Порошковая металлургия. –1989. –№9. – С. 33–36.
3. Sučinitee tepelnej vodivosti plazmovo striekanej vrstvy z československeho prášku ZrSiO₄/D. Matejka, B. Benko, J. Bielek, M. Oreško// Kovove materialy.—1984.—№ 22.—P. 121—127.
4. Correlation of Microstructure and Wear Resistance of Ferrous Coatings Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying / Byoungchul Hwang, Jeehoon Ahn, Sunghak Lee // METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS. – September 2002. –№ 33A. – P. 2933 –2945.
5. Sliney H.E. NASA TM 79113 (1979).
6. Kvernes I, Solberg J. K, Lillerud K. P. Proc. Conf. on Advanced Materials for Alternative Fuel Carable Directly Fired Heat Engines, Maine, Dec. (1979), P. 233.
7. Perugini G. Proc. 3rd CIMTEC 3rd Intl. Meeting on Modern Ceramic Technologies, Rimini Italy, May (1976), P. 191 - 212.
8. Lang E. (Ed.) "Coatings for High Temperature Applications", Applied Sci, NY (1983).
9. Исследования структуры и свойств плазменных покрытий на основе Fe-Al / И.А.Селиверстов, Г.Н.Троцан, И.В.Смирнов, Н. М. С.Р.Селиверстова // Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (10). –2014. –№10. –С. 249–254.
10. Матеріали IV-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації 2018», випуск 4.- Херсон: ХНТУ, 2018.- 326с.

ПОВШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ КОРПУСА ШАРОВОГО КРАНА

Закорко М.И., студент,

Кушников П.В., канд. техн. наук, доцент

Сумский государственный университет, г. Суми, Украина

Корпус является одной из основных и наиболее ответственных деталей шарового крана. От качества обработки корпуса напрямую зависит слаженность работы всего изделия, поэтому исследование путей повышения эффективности обработки корпуса шарового крана является важным и актуальным. Целью исследования является повышение эффективности обработки корпуса путём усовершенствования технологического процесса его изготовления.

Материалом корпуса служит нержавеющей сталь 12Х18Н10Т. Обрабатываемость такой нержавеющей хромоникелевой стали с титаном весьма низкая и составляет 30-45% от обрабатываемости бессемеровской стали. Повышение работоспособности режущего инструмента при обработке, указанной хромоникелевой стали возможно путем создания

износостойких покрытий на основе модифицированного нитрида титана [1].

Проведившиеся ранее исследования показали, что применение при обработке стали 12X18H10T твердосплавных титанотанталовых резцов вместо инструмента из ВК8 приводит к значительному сокращению машинного времени при одновременном увеличении стойкости инструмента [2], причем на операции фрезерования корпуса использовалась конструкция специальной торцовой фрезы [3].

Новые исследования показали, что для режущих инструментов с многоэлементными износостойкими покрытиями наблюдается снижение интенсивности износа по сравнению с базовыми покрытиями TiAlN, TiZrN и TiSiN в 1,4...1,7 раза.

Также было обосновано влияние деформаций режущего инструмента от действия составляющих сил резания на шероховатость обработки путем компьютерного моделирования указанных деформаций в пакете программ SolidWorks.

Для торцового фрезерования лысок корпуса шарового крана была разработана модель прогнозирования шероховатости обработанной поверхности. Проведена оптимизация значения величины подачи из условия получения заданной величины шероховатости обработанной поверхности.

Таким образом, предложенные пути усовершенствования технологии обработки корпуса шарового крана позволяют повысить эффективность его обработки, увеличить стойкость режущего инструмента, а также проводить оптимизацию величины подачи из условия получения заданной величины шероховатости обработанной поверхности.

Перечень ссылок

1. Табаков, В.П. Износостойкие покрытия сложного состава для режущих инструментов [Текст] / В. П. Табаков, М. Ю. Смирнов, А. В. Циркин, А. В. Чихранов // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: материалы междунар. Научно-практ. конф. / Харьков: Курсор, 2005. – 204 с.

2. Ротт, Е. И. Исследование особенностей обработки корпуса шарового крана [Текст] / Е.И.Ротт, П.В.Кушніров // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету: конференція присвячена Дню науки України та 60-річчю СумДУ. – Суми: СумДУ, 2008.–Ч.І. – С. 63.

3. Пат. 29513 У Україна, МПК6 В23С 5/02 (2006.01). Торцева фреза / П.В.Кушніров, О.І.Ротт, В.О.Іванов; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u200711442; заявл. 15.10.2007; опубл. 10.01.2008, бюл. № 1.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПРЕСОРНОГО УСТАТКУВАННЯ

*Залоза В. О., докт. техн. наук, професор,
Дядюра К. О., докт. техн. наук, професор,
Рибалка І. М., аспірант*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

При спільному впровадженні стандартів на системи менеджменту, розроблених ISO (таких як ISO 9001:2015 [1], ISO 14001:2015 [2], ISO 45001:2018 [3] та інших) процес створення інтегрованої системи управління істотно полегшується тим, що всі ці стандарти розробляються з використанням єдиних підходів, в загальній, якщо можна так сказати, економічній ситуації і з використанням єдиної політики технічного регулювання.

Однак в наявних наукових розробках і методичних матеріалах не розглядаються питання одночасного впровадження вимог стандартів, розроблених в різних країнах, і, отже, в різних економічних і соціальних умовах, і які мають специфічні національні відмінності.

В процесі дослідження питання одночасного впровадження вимог стандартів різних країн для забезпечення якості виготовлення компресорного устаткування запропоновано розглядати кінцеву продукцію (компресорне устаткування), як складну технічну систему [4]. Проектування, виготовлення і експлуатація компресорного устаткування зумовлює спільність, що включає в себе документовану інформацію, технічні та програмні засоби, а також персонал, які взаємопов'язані в рамках єдиної системи. Зазначені компоненти складної технічної системи впливають на ефективність і результативність реалізації життєвого циклу не ізольовано, а в тісному взаємозв'язку один з одним, що виражається в можливостях одного коригувати іншими ефективність і результативність реалізації її функцій.

Кожен компонент складної технічної системи повинен відповідати певним законодавчим і нормативним вимогам, які відображені як в національних нормативних документах України (Технічні регламенти, ДСТУ та ін.), так і в нормативних документах діючих в інших країнах світу (Директиви ЄС, EN, BS, DIN, API та ін.).

При процесному моделюванні ці компоненти можуть бути в різних процесах входами, виходами, механізмами (ресурсами) або управлінням. На підставі нормативних вимог до кожного компоненту системи можна визначити ключовий показник результативності та ефективності. Це дозволить контролювати процес і приймати відповідні рішення для вдосконалення системи в цілому. Таким чином, застосування запропонованих принципів побудови інтегрованої системи управління зменшить витрати ресурсів і підвищить якість виконання процесів.

Список посилань

1. ISO 9001:2015 Системы менеджмента качества – Требования
2. ISO 14001:2015 Системы экологического менеджмента – Требования и руководство по применению
3. ISO 45001:2018 Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда - Требования и рекомендации по применению
4. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕЩЕНИЕ БАНДАЖ С ОСИ СОСТАВНОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА НА СТАДИИ ЕГО НАГРЕВА ПОД ДЕМОНТАЖ

Залятов А.Ф., ассистент,

Лебедь В.Т., докт. техн. наук, доцент

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

Одним из эффективных направлений, связанных с энерго- и ресурсосберегающими технологиями, является процесс восстановления изделий, отработавших свой ресурс, и повторное его использование [1]. Разработка математической модели и траекторий перемещений бандажа позволяет в дальнейшем оптимизировать операцию теплового демонтажа охватывающей и охватываемой деталей (ООД) составленных тяжеловесных вальцовочных валков.

С целью доведения этого процесса до современного уровня проведения рассмотрение траектории движения центра массы охватывающей детали во время ее нагрева, изучение и разработка системы интеллектуального контроля смещения центра массы бандажа при протекании процесса раскрытия ООД и регистрации ряда параметров этой операции в реальном времени для отображения процесса в визуальном виде на мониторе пульта оператора [2]. Это позволяет существенно сократить расходы на отработку операций и проведения разборки составных изделий, относящихся к телам вращения. Цель работы заключается в построении энергетических оценок для угловых скоростей и ускорений, а также моделирование траекторий на разных этапах процесса демонтажа.

Объектом исследования динамика процесса скольжения бандажа с поверхности прокатного составного валка в одномерном случае только вертикального перемещения. Предметом исследования является построение энергетических оценок для кинематических характеристик перемещений бандажа.

Научная новизна заключается в разработке измерительной системы, которая определяет момент различия ООД, что позволяет сделать управляемым процесс раскрытия соединения в процессе нагрева СВВВ в

ПШН, для последующего демонтажа. Внедрение разработанной измерительной системы дает возможность демонтировать СВВВ всего диапазона типоразмеров, которые могут быть установлены в ПШН. Практическая ценность исследований заключается в разработке математической модели и дальнейшей разработке измерительной системы, позволяющей рассмотреть процесс раскрытия ООД при нагреве изделий в ПШН и заложить базовые положения для дальнейшей реализации данного процесса демонтажа в промышленных условиях.

При определении пространственно-временного положения систем, когда деформации систем отсутствуют или достаточно незначительны, система рассматривается как абсолютно твердое тело. Положение такой системы в пространстве определяется положением какой-нибудь одной ее точки. В данной работе рассматриваются алгоритмы определения пространственно-временного положения тел вращения, когда под действием температуры в печи скоростного нагрева бандаж составного валка расширяется. Рассмотрение данной задачи основано на решении систем дифференциальных уравнений, которые позволяют установить геометрические траектории движения тела вращения относительно оси составного валка.

Для определения положения точки в трехмерном пространстве достаточно установить уравнения трех плоскостей, или уравнения двух прямых, или уравнение одной прямой и одной плоскости.

Исходными данными для составления уравнений являются: углы между направлением на точку с установленными координатами и направлением на определяемую точку, и расстояние, измеренное от точки с известными координатами до определяемого.

Уравнения, которые описывают колебания центра тяжести бандажа относительно оси имеет вид:

$$m_B \cdot R_B(t)^2 \cdot \ddot{\alpha} + m_B \cdot g \cdot R_B(t) \cdot \sin \alpha = 0,$$

где R_B – радиус бандажа; m_B – масса бандажа; α – угол отклонения.

Радиус бандажа во время нагрева изменяется по закону:

$$R_B(t) = R_0 + k \cdot (t - t_0) = 0,$$

где t_0 – начальное значение температуры;

R_0 – начальное значение радиуса бандажа.

Координаты XY определяются:

$$Y = R \cdot \cos \alpha$$

$$X = R \cdot \sin \alpha$$

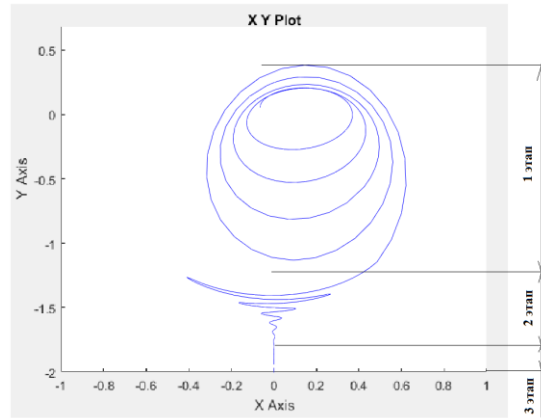


Рисунок 1 – Характер изменения положения центра тяжести бандаж относительно оси прокатного вала

Согласно анализа следует, что в процессе нагрева бандаж его внутренний диаметр увеличивается, в результате чего уменьшаются площади контакта сопряженных поверхностей тел вращения и появляются колебания изделия, которые исчезают при завершении формирования рассчитанного промежутка. Результаты разработок позволили оформить ряд заявок на получение патентов.

Перечень ссылок

1. Лебедь В.Т Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография / В. Т. Лебедь, А. А. Пермяков , А. Н. Шелковой. - Краматорск: ДГМА, 2015. – 301с. ISBN 978-966-379-705-2.
2. https://www.m24.ru/articles/nauka/10122017/151772?utm_source=CopyBuf
3. Планета НКМЗ. Часть II. Энциклопедия / рук. проекта В. Жулий, авт.-сост. В. Зорина. – Краматорск, 2009. – 399 с.
4. Лебідь В. Т., Донченко Є. І., Ананьєв М. С. Система контролю ведення процесу демонтажу великогабаритних складених виробів / В. Т. Лебідь, Є. І. Донченко, М. С. Ананьєв // Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу» (12-17 вересня 2017р.) / МОН України. – Херсон : Національний технічний університет, 2017. - С.159-160.

ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ВИКОТОЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ

***Калафатова Л.П., докт. техн. наук, професор,
Калмиков В.С., магістр***

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Автоматизація виробництва та випуск конкурентоспроможної продукції є основними завданнями сучасного машинобудування. Рационально розроблений технологічний процес (ТП) суттєво впливає на собівартість випуску продукції, витрати на обладнання та інструмент.

Значну складність у виробництві продукції додають високоточні поверхні, які є обов'язковим елементом конструкції деталей типу «вал» - одних з найбільш поширених деталей редукторів різного типу, в тому числі і редукторів вугледобувних машин. Уся складність обробки подібних деталей полягає в тому, що виробнику потрібно забезпечити задану якість та шорсткість поверхні (на валах зазвичай такими поверхнями є шийки, що контактують з елементами підшипників) і при цьому собівартість випуску продукції повинна бути якомога меншою. З метою отримання якісних поверхонь аналізують і підбирають різні варіанти виконання технологічних операцій при їх механічній обробці.

Існує значна кількість способів обробки, які забезпечують потрібні якісні характеристики виробів [1]. Розглянемо декілька з них, що найчастіше застосовуються при обробці валів. До їх складу відносяться:

- Тонке точіння.
- Шліфування.
- Алмазне вигладжування.

Метод тонкого точіння найчастіше застосовують в автомобільному, авіаційному, гірничому виробництвах. Цей метод використовується при обробці циліндричних, конічних поверхонь, обробці уступів, фасок та торців. Точність розмірів, користуючись тонким точінням, може бути виконана по 6 ... 8 квалітету [2]. Більш високу точність можна отримати при обробці кольорових металів, для яких знос інструмента значно менше, ніж при обробці сталі та чавуну.

При цьому методі використовуються: різці з пластинками твердого сплаву, кераміки та алмазні різці. В залежності від виду оброблюваного матеріалу, кожен інструмент має свої переваги і свої недоліки. Різці, оснащені алмазами, довговічніші за твердосплавних, але із-за підвищеної крихкості їх використання вимагає особливої попередньої підготовки поверхні, що буде оброблятися. Вони дозволяють працювати багато годин без переточування і переналагодження і тим самим обробляти велику кількість однакових деталей з дотриманням високої точності розмірів і чистоти поверхні (до $R_a = 0,5$ мкм).

Наступним методом отримання якісної поверхні є шліфування – вид абразивної обробки, при якій швидкість різання (швидкість руху інструменту) становить v_k до 40 м/с, а швидкість руху подачі залежить від схеми різання. Його можуть здійснювати як заготовка, так і абразивний інструмент. В залежності від поверхні, яку потрібно обробити, застосовують різні методи шліфування. Це значно полегшує обробку деталі та зменшує собівартість на витрати по інструменту. До шліфування подаються високі вимоги по точності розмірів, геометричній формі та якості обробки [1].

Метод алмазного вигладжування. Алмазне вигладжування – один із варіантів реалізації процесу пластичної поверхневої деформації (ППД) вихідного мікропрофілю оброблюваної поверхні під дією зусилля, що прикладене до алмазу, який у спеціальній оправці переміщується відносно

неї. Процес ППД призводить до згладжування мікронерівностей оброблюваної поверхні і заповнення впадин мікропрофілю об'ємом металу його деформованих нерівностей. При алмазному вигладжуванні за рахунок виняткових фізико-механічних та експлуатаційних властивостей алмаза як інструментального матеріалу створюється можливість отримати виключно високий клас чистоти поверхні майже на всіх пластичних металах і сплавах будь-якої твердості. Зусилля, з яким здійснюється процес вигладжування алмазом, дозволяють обробляти тонкостінні і маложорсткі вироби при зміцненні їх поверхневого шару.

Ефективність кожного з перерахованих способів залежить від обгрунтованості та доцільності їх використання на конкретному виробництві, правильного вибору параметрів режиму обробки (швидкості різання v , подачі s , глибини різання t), що встановлюються згідно з умовами обробки та якістю і точністю поверхні, які потрібно отримати, вибору інструменту. Для різних умов обробки вартість інструменту та витрати на його відновлення можуть значно знизити продуктивність випуску продукції та підвищити її собівартість.

Вибір та використання параметрів механічної обробки, яка забезпечує необхідний рівень точності і якості при заданій продуктивності, базується на результатах рішення задачі оптимізації, де в якості критерію прийнята технологічна собівартість процесу C_T .

Вона представлена наступною залежністю [3]

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5,$$

де C_1 - непродуктивні витрати, що припадають на одну деталь і які включають вартість закріплення і зняття деталі, вартість простою обладнання; C_2 - вартість машинного часу обробки ($C_2 = f(v, s, t)$); C_3 - вартість часу на зміну інструменту; C_4 - вартість інструменту, віднесена до однієї деталі; C_5 - вартість матеріалу оброблюваної деталі.

Саме цей показник (технологічна собівартість) показує, на скільки конкурентоспроможна продукція того, чи іншого виробництва. Адже отримуючи якісні і точні деталі, при цьому маючи невелику собівартість їх вироблення, можна впливати на зростання рівня машинобудівного підприємства. Шляхами регулювання технологічної собівартості є зменшення: часу машинної обробки деталі; простоїв обладнання; вартості інструменту та відновлення його ріжучої здатності; часу зміни та переналагодження інструменту. За рахунок правильно вибраного методу обробки деталі, виду, конструкції та матеріалу інструменту, способів його відновлення можна значно зменшити технологічну собівартість процесу обробки при врахуванні того фактору, що неправильно підібраний матеріал інструменту і сам інструмент можуть погіршити рівень якості продукції. Також, варіюючи параметрами режиму обробки, можна підвищити її продуктивність, але при цьому необхідно брати до уваги ті технічні обмеження на процес оптимізації, що пов'язані з можливістю

виникнення негативних наслідків (наприклад, підвищення температури в зоні різання, що може вплинути на фізико-механічні характеристики поверхневого шару деталей, підвищеного зносу інструменту, тощо), що негативно відіб'ється на якості і точності обробки.

Таким чином, вирішення задачі оптимізації процесу механічної обробки високоякісних деталей в конкретних умовах виробництва є складним технічним завданням, яке потребує подальших досліджень.

Список посилань

1. Качество машин: Справочник. В 2 т. Т. 1/ А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
2. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов / А.И. Кочергин. – М: Машиностроение, 1991. – 384 с.
3. Армарево И.Дж., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием / И.Дж. Армарево, Р.Х. Браун - М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.

СПЕЦИФІКА РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

*Калініченко В. В., канд. техн. наук, доцент,
Шаройка А. О., магістрант*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Важливою проблемою високоенергомісткого важкого машинобудування України є проблема забезпечення енергоефективності процесів механічної обробки, у загальній структурі яких значну питому частку складають процеси токарної обробки на важких верстатах. Раціональна експлуатація важких токарних верстатів передбачає забезпечення високої енергоефективності обробки.

До напрямів підвищення енергоефективності обробки на важких верстатах належать зниження витрат енергії на перебіг фізичних процесів у зоні різання та зниження втрат енергії у механічній та електричній частинах приводу головного руху (ПГР) верстата, яке забезпечується при розробці нових чи суттєвій модернізації наявних ПГР, вимагаючи значних капітальних вкладень та не забезпечуючи їхньої швидкої окупності [1]. Разом з тим, у механічних та електричних частинах ПГР сучасних важких токарних верстатів вже передбачено низку енергоефективних рішень. Тому найперспективнішим шляхом підвищення енергоефективності токарної обробки на важких верстатах є зниження витрат енергії на перебіг фізичних процесів у зоні різання за рахунок використання енергоефективних умов обробки, що може бути реалізоване за допомогою оптимізації параметрів обробки за критеріями, пов'язаними з рівнем енерговитрат при різанні [2]. Структура моделі енергоефективної обробки має відповідати загальному вигляду [3]:

$$Q = \text{extr}\{f(x, \omega) | x \in D\}, \quad (1)$$

$$g(x, \omega) \leq 0, \quad (2)$$

$$f(x) \leq 0, \quad (3)$$

$$a_i \leq x_i \leq b_i, \quad (4)$$

де $f(x, \omega)$ – функція критерію оптимізації;

x, ω – відповідно керовані та постійні вхідні параметри обробки;

D – область припустимих значень керованих параметрів x ;

$a_i = \text{const}, b_i = \text{const}$.

Оскільки енергоефективність обробки має забезпечуватись не за рахунок зниження її продуктивності, а навпаки, передбачає досягнення високої продуктивності обробки при економному використанні енергії у зоні різання [2], у якості критерію оптимізації у виразі (1) слід використовувати критерій, що виражає питомі енерговитрати на одиницю об'єму зрізаного шару чи площі обробленої поверхні. Для високоенергомістких чорнової та напівчистої токарної обробки деталей важкого машинобудування це може бути рекомендований у роботах [3, 4] критерій мінімуму питомої енергомісткості різання:

$$e = \frac{N_{ef}}{P_{piz}} = \frac{N_{ef}}{v \cdot S \cdot t} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де N_{ef} – ефективна потужність різання;

P_{piz} – продуктивність різання (об'єм стружки, знятої з заготовки за одиницю часу);

v, S, t – відповідно швидкість різання, подача різця, глибина різання.

Функція (1) при цьому набуде вигляду [1]:

$$e = \min\{f(x, \omega) | x \in D\}. \quad (6)$$

У якості керованих параметрів x у функції (6) та виразах (2–4) оптимізаційної моделі прийемо подачу S різця та швидкість різання v (або частоту n обертання шпинделю верстата). Глибину різання t , механічні властивості оброблюваного та інструментального матеріалів, геометричні параметри різця прийемо у якості постійних вхідних параметрів ω , вплив яких на величину питомої енергомісткості e різання у функціях типу $e = f(S, v)$ враховується за допомогою коефіцієнтів. У якості вхідних параметрів процесу обробки, що суттєво підвищують показники її енергоефективності, можна назвати особливі умови процесу різання, які полегшують деформацію оброблюваного матеріалу, знижуючи силове навантаження у зоні різання (наприклад, при точінні за схемою електромеханічної обробки) [2]. Вплив цих особливих умов процесу

різання на величину e у функціях типу $e = f(S, v)$ також може бути врахований за допомогою коефіцієнтів.

$$\text{Логіка} \quad \text{відомих} \quad \text{закономірностей} \quad N_{ef} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020}$$

, $P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot v^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z}$ (P_z – тангенціальна складова сили різання; C_{P_z} – коефіцієнт; x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} – показники ступеня, K_{P_z} – поправочний

коефіцієнт на фактичні умови різання) та (відповідно до (5)) $e = \frac{N_{ef}}{v \cdot S \cdot t}$

обумовлює монотонно спадаючий характер ступеневих залежностей $e = f(S)$ та $e = f(v)$, отримуваних за моделлю процесу обробки. Відтак, умовні екстремуми цих залежностей знаходитимуться на межі області D припустимих значень (S, v) , заданої системою обмежень (2–4). До системи обмежень можуть бути введені обмеження за характеристиками, лімітуючими можливість обробки при дотриманні заданих вимог до працездатності технологічної системи та якості обробленої деталі: періодом стійкості різця, міцністю різальної пластини, жорсткістю заготовки та різця, міцністю механізму поздовжньої подачі верстата, точністю обробки та шорсткістю обробленої поверхні для відповідного різновиду обробки тощо; за результатами систематизації даних [1] ці обмеження матимуть загальний вигляд типу $S^y \cdot v^z \leq W_j$, де W_j – складова, залежна від постійних вхідних параметрів обробки для J -того обмеження. Крім цього, до системи обмежень мають бути введені обумовлені кінематичними характеристиками верстата обмеження $n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$, $S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$.

З урахуванням ступеневого характеру цільової функції та більшості обмежень, технологічні параметри енергоефективної токарної обробки деталей на важких верстатах мають визначатися з використанням апарату нелінійної оптимізації.

Список посилань

1. Мироненко, Е. В. Общая структура математической модели для определения энергоэффективных технологических параметров токарной обработки деталей тяжелого машиностроения / Е. В. Мироненко, Г. П. Клименко, В. В. Калиниченко // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – Вып. 85. – С. 202–210.
2. Калініченко, В. В. Перспективні напрями забезпечення енергоефективності токарної обробки у важкому машинобудуванні / В. В. Калініченко, А. О. Кравченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. № 40, 2017. – С. 319–324.
3. Старков, В. К. Физика и оптимизация резания материалов / В. К. Старков. – М : Машиностроение, 2009. – 640 с. – ISBN 978-5-94275-460-0.
4. Карпов, А. В. Об оценке энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием / А. В. Карпов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 61–68.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА СТАКАН

Картамышев Д.А.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Выдавливание является эффективным ресурсосберегающим методом получения высокоточных заготовок и деталей. Развитие технологии выдавливания неразрывно связано с разработкой и освоением новых способов деформирования, позволяющих получить штамповкой изделия более высокого качества. К таким способам можно отнести комбинированное радиально-прямое выдавливание с раздачей (см. рис. 1, а) Процесс деформирования позволяет снизить силы деформирования за счёт разноимённой схемы напряжённо-деформированного состояния заготовки. Исследования силового режима процесса последовательного радиально-прямого выдавливания полых изделий типа стакана показали преимущества данного способа не только в снижении силовых параметров, но и в расширении технологических возможностей. [1]

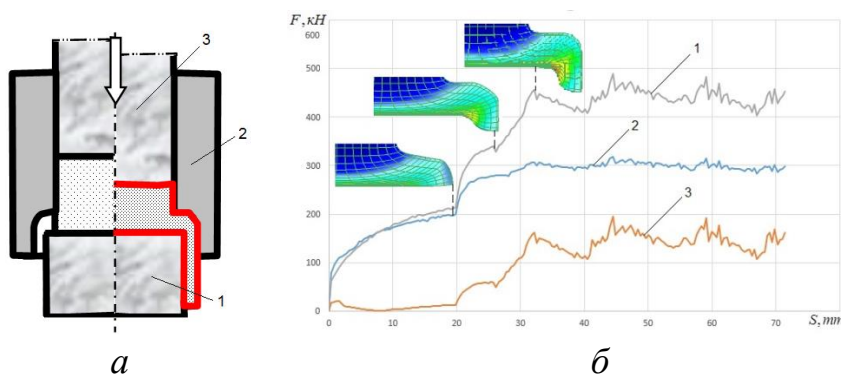


Рисунок 1 – Схема радиально-прямого выдавливания (а) и графики изменения силы выдавливания на контрпуансоне (1), матрице (2) и пуансоне (3) (б)

Исследование силовых параметров процесса радиально-прямого выдавливания с раздачей выполнены в программном комплексе DEFORM 3D. На диаграмме «Путь-Сила» (см. рис. 1, б) можно выделить три характерных этапа роста сил выдавливания на пуансоне, матрице и контрпуансоне, соответствующих следующим стадиям: свободного радиального течения металла, разворота течения металла с радиального на прямое направление и стадии стационарного течения с образованием очага деформации неизменной формы и устойчивого объема.

Перечень ссылок

1. Алиева Л. И. Процессы комбинированного деформирования и выдавливания / Л. И. Алиева // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2016. – № 1 (42). – С. 100–108.

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ АВТОМАТИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МЕХАНООБРОБКИ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

*Клименко Г.П. докт. техн. наук, професор,
Квашнін В.В аспірант*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Для автоматизації технологічної підготовки механообробки розроблена програма у вільному середовищі розробки додатків SharpDevelop на мові C #. Інтерфейс програм вибору конструкції інструменту і режимів різання для вибору вхідних даних являє собою ряд елементів ComboBox і RadioButton. Введення вхідних даних відбувається послідовно. У разі, якщо варіант вибору один він відбувається автоматично. На кожному етапі вибору вхідних даних відповідним змінним присвоюється певні значення. Після вибору всіх необхідних вихідних даних, відповідно до значень змінних на екран користувача виводиться результат.

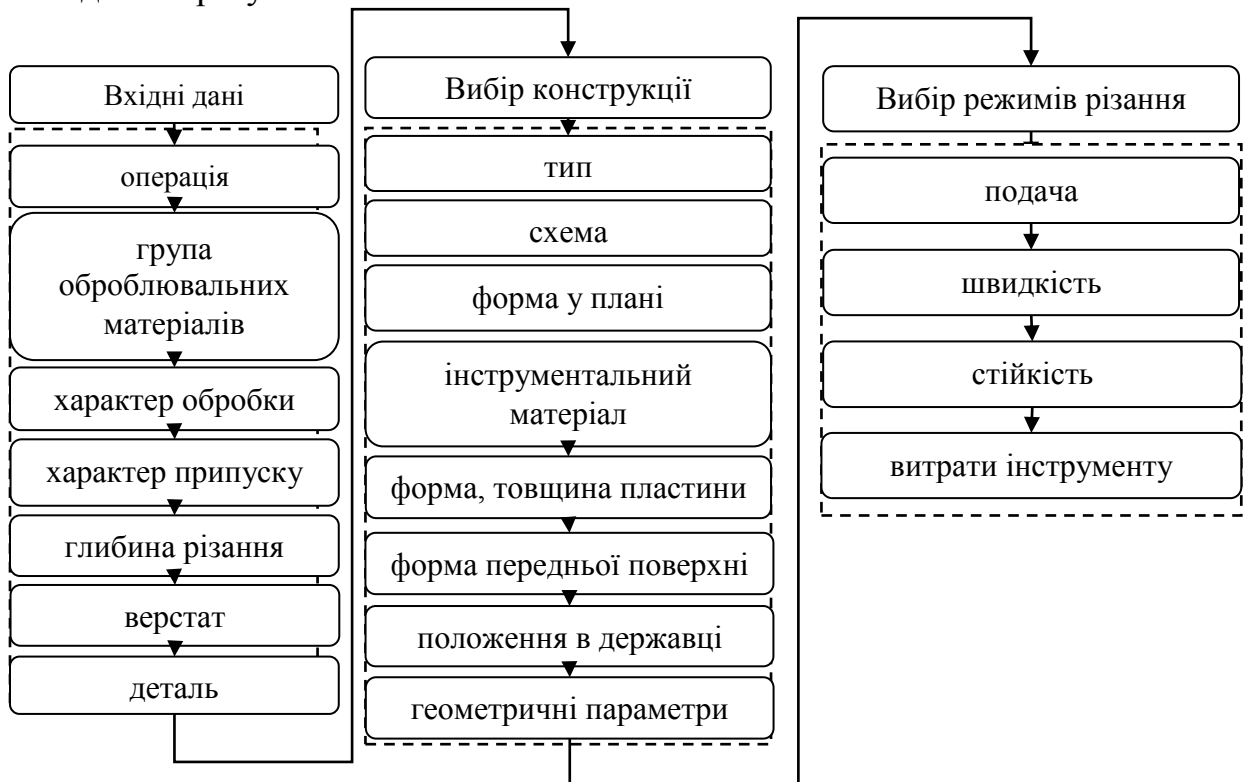


Рисунок 1 – Інтерфейс програм вибору конструкції інструменту і режимів різання

В результаті розроблена система таблиць, в яких наведені рекомендації бажаного вибору конструкції інструменту в залежності від умов їх експлуатації і режими різання, які вперше пов'язані з конкретною конструкцією інструмента. Для реалізації САПР ТП розроблено блок вибору інструменту і режимів різання з використанням ЕОМ.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СБОРНЫХ ФРЕЗ

*Клименко Г.П., докт. техн.наук, профессор,
Шаповалов М.В., ассистент, Ковалев Д.А. магистрант*

Донбасская государственная машиностроительная академия, м. Краматорск, Украина

Анализ статистических данных о работе фрез сборной конструкции в условиях ПрАТ НКМЗ показал, что при фрезеровании наблюдается одновременное участие в работе нескольких режущих зубьев.

Статический анализ работы фрез с $z=4$ при обработке стали 9ХС с глубиной резания $t=4...6$ мм, подачей $S=0,12...0,15$ мм/зуб и скоростью резания $V=62,8$ м/мин показал, что чаще всего фреза снимается со станка при выходе из строя всех 4х зубьев. Такая эксплуатация фрез приводит к повышенному расходу инструментальных материалов. Характерным отказом пластин фрезы является их поломка, а не достижение критерия затупления пластины. Статический анализ показал, что закон распределения стойкости фрез – экспоненциальный.

Цель работы – повышение надежности сборных твердосплавных фрез путем прогнозирования их безотказности.

При рассмотрении сборной фрезы как системы режущих элементов, в которой отказ одного из них не приводит к полному отказу фрезы, с точки зрения надежности фреза представляет собой параллельную систему с пассивным резервом. В этом случае, при отказе первой режущей пластины её нагрузку при резании воспринимает следующая за ней режущая пластина. При этом надежность фрезы в целом снижается, то есть уменьшается вероятность безотказной работы. Для сборной концевой фрезы, имеющей два зуба, средний период стойкости определяется:

$$T_{\text{фр}} = \int_0^{\infty} P_{\text{фр}} dt = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

В случае если $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, то надежность фрезы определяется:

$$P_{\text{фр}} = 2e^{-\lambda_1 t} - e^{-2\lambda_2 t}; T = \frac{3}{2\lambda}$$

Сборные концевые твердосплавные фрезы имеют $z=2, 3, 4$. Формулы для расчета вероятности безотказной работы каждой фрезы получены аналогично перемножением вероятности двучленов.

Для сборной концевой фрезы, имеющей три зуба:

$$P_{\text{фр}} = P^3 + 3P - 3P^2$$

При экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы каждого зуба фрезы получаем:

$$P_{\text{фр}} = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} + e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

где λ_1 и λ_2 – интенсивность отказов зубьев фрезы.
Для сборной концевой фрезы, имеющей четыре зуба:

$$P_{\text{фр}} = 4P + 4P^3 - 6P^2 - P^4$$

При экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы каждого зуба фрезы получаем:

$$P_{\text{фр}} = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} + e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

где λ_1 и λ_2 – интенсивность отказов зубьев фрезы.
Для определения стратегии замены отказавших режущих элементов фрез введем понятие кратности резервирования k .

$$k = \frac{Z - Z_m}{Z_m}$$

где: Z – число зубьев фрезы,
 Z_m – число отказавших зубьев.

Зависимости $P_{\text{фр}}(t)$ при резервировании с различной кратностью приведены в таблице 1.

Целесообразный уровень надежности фрезы определяется минимумом суммарных затрат на эксплуатацию инструмента и на его покупку. В зависимости от необходимого уровня надежности фрезы выбирается стратегия замены её режущих элементов.

Повышение надежности путем замены одного зуба приводит к недоиспользованию фрезы, повышению суммарных затрат. Наиболее целесообразно с точки зрения рационального уровня надежности для фрезы с $Z=4$ снимать её со станка при выходе из строя 2-х зубьев.

Обработка корпусной детали из сплава 9ХС осуществлялась сборными концевыми фрезами $Z=4$ с пластинами из твердого сплава Т5К10 на станке модели Ferrari А 17 – Е 550.

Для испытаний выбрана партия пластин $N=16$ штук. В таблице 1 приведены условия испытаний.

Таблица 1 – Условия испытаний сборных концевых фрез

Модель станка	Обрабатываемый материал	Режущая пластина		Характер припуска	Сечение среза		Скорость резания V , м/мин
		Размер, мм	Материал		t, мм	S, мм/об	
Ferrari А 17 – Е 550	Сталь 9 ХС	l=17 d=9,525 s=4,76	Т5К10	Непрерывный	6	0,15	62,8

Установлено, что закон распределения наработки на отказ не противоречит экспоненциальному.

Таким образом, полученные модели надежности фрез позволили прогнозировать показатели их безотказности для различных инструментальных материалов.

АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА КРУПНОГАБАРИТНИХ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

Клочко О.О., д.т.н., професор, Чекердес Є. О., магістрант

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,*

Хорошайло В.В., к.т.н., доцент,

Федоров В.В., магістрант, Хомяков С.А., магістрант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

У машинобудуванні для передачі обертального руху широкого поширення набули шліцьові з'єднання, виробництво яких становить велику питому вагу в машинобудуванні. Але, середня трудомісткість операцій по обробці крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань різанням при прийнятих в даний час технологічних процесах становить 50-60% від загальної трудомісткості виготовлення крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань. Тому удосконалення існуючих, а також розробці нових, прогресивних методів обробки евольвентних шліцьових поверхонь з різними видами центрування є прогресивним напрямком для важкого машино та верстатобудування.

Обрана технологія обробки елементів крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань методом обкату забезпечує високу якість, продуктивність та економічність їх виготовлення за рахунок формоутворення крупногабаритних евольвентних поверхонь з модифіцированим профілем при центруванні по боковим поверхням. Технологічний процес передбачає також термічну обробку робочих поверхонь валів спресним методом.

Для отримання високих показників точності крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань, попереднє нарізання зубів виконується модифікованим інструментом (рис. 1, рис.2.).

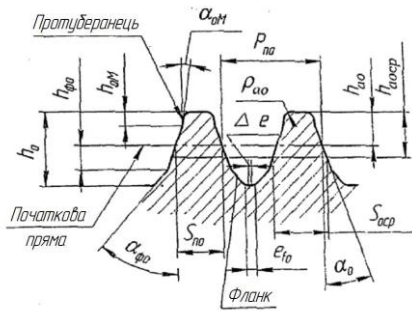


Рисунок 1 – Параметри модифікації профілю зуба черв'ячної фрези

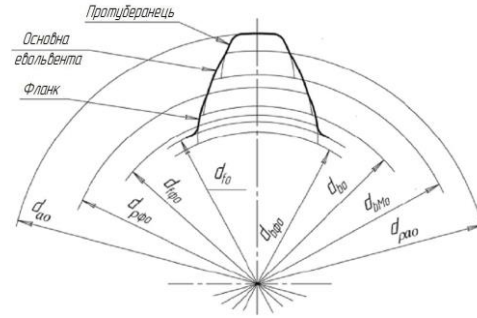


Рисунок 2 – Параметри модифікації профілю зуба додб'яка

Запропонована форма інструменту формує поверхню зубу деталі з піднутрінням біля ніжки та зрізом головки на величину припуску під чистову обробку. Це забезпечує можливість вільного виходу інструменту при кінцевій обробці.

Виробництво крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань с діаметром від 80 до 500 мм з модифіцированим профілем забезпечує високу точність та якість згідно з вимогами ГОСТ6033-80. Розроблені також комплексні методи контролю крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань для отвірів та валів.

Список посилань

1. Актуальность дифференцированного и комплексного прогнозирования в условиях имитационного моделирования технологического обеспечения эксплуатационных свойств крупномодульных зубчатых колес / А.А. Пермьяков, А.Н. Шелковой, А.А. Клочко, А.А. Охрименко, М.И. Гасанов // Збірник наукових праць. Прогресивні технології в машинобудуванні: Тези докладів VII-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції, 5-9 лютого 2018 р. – Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2018. – С. 127–129.

ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА В СИСТЕМІ ПРОЕКТУВАННЯ КЕРУЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ

**Клочко О.О., д.т.н., професор, Шелковий О.М., д.т.н., професор,
Лоза Р.І., магістрант**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,

Півень Л.В., магістрант

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна

Проектування технологічних процесів як системи аналізу та синтезу технічних характеристик об'єкта і організаційних умов виробництва визначається перш за все техніко-економічними принципами проектування технологічних процесів.

Технологічне проектування є основною ланкою технічної підготовки виробництва і становить 30-60% її загальної трудомісткості. Менше значення відповідає умовам дрібносерійного виробництва, більше - масового. Як поки-показують практика, трудомісткість технологічного проектування зазвичай в 2-3 рази перевищує трудомісткість конструювання машин.

Відповідно до економічних принципів обробка деталі повинна виконуватися з найменшими витратами праці, мінімальною собівартістю, за умови виготовлення виробів в кількостях і в терміни, встановлені виробничою програмою. Таким чином, надійне забезпечення встановлених технічними вимогами параметрів точності виробу, якості поверхонь і заданого рівня економічних показників виробництва є основною комплексним завданням проектування технологічних процесів.

При проектуванні технологічних процесів застосовують ряд різних критеріїв оптимальності. Одні з них використовують для оцінки технологічного процесу в цілому, інші - тільки для окремих приватних технологічних задач. Найбільш вживаними критеріями є мінімум штучного часу, мінімум витрат на різальний інструмент, максимум його стійкості, мінімум собівартості або максимум продуктивності (технологічного процесу, операції).

При проектуванні технологічного переходу в якості критерію оптимальності може бути використана максимальна продуктивність, яка при обробці на верстатах з ЧПУ оцінюється через основне (технологічне) час обробки:

$$F_o = t_o = \frac{\pi dl}{1000 vS} \rightarrow \min,$$

де t_o – основний (технологічний) час;

v, S – відповідно швидкість різання і подача, т. е. оптимізуються параметри.

В рамках технологічної підготовки виробництва при проектуванні технологічних процесів і технологічних переходів широко застосовується система автоматизованого проектування технологічних процесів САПР ТП, яка дозволяє спростити формування та супровід впровадження нових технологічних процесів, підвищити якість технологічної документації і домогтися оптимальних показників використання наявних ресурсів підприємства, сформулювати замовлення на проектування системи засобів технологічного оснащення та створення управляючих програм АММ для верстатів з ЧПУ.

Автоматизоване проектування технологічних процесів, в основі яких лежить ієрархічна структура з операцій (Рис. 1), переходів, обладнання, професій, оснащення та інших технологічних об'єктів надає можливість паралельного проектування складних і наскрізних технологічних процесів групою технологів в реальному режимі часу.

З урахуванням особливості проектування технологічних процесів з операціями на верстатах з ЧПУ підтримується розробка типових і групових технологічних процесів в рамках якої можна заповнити загальні дані ТП і далі використовувати їх згодом для проектування безлічі одиничних технологічних процесів.

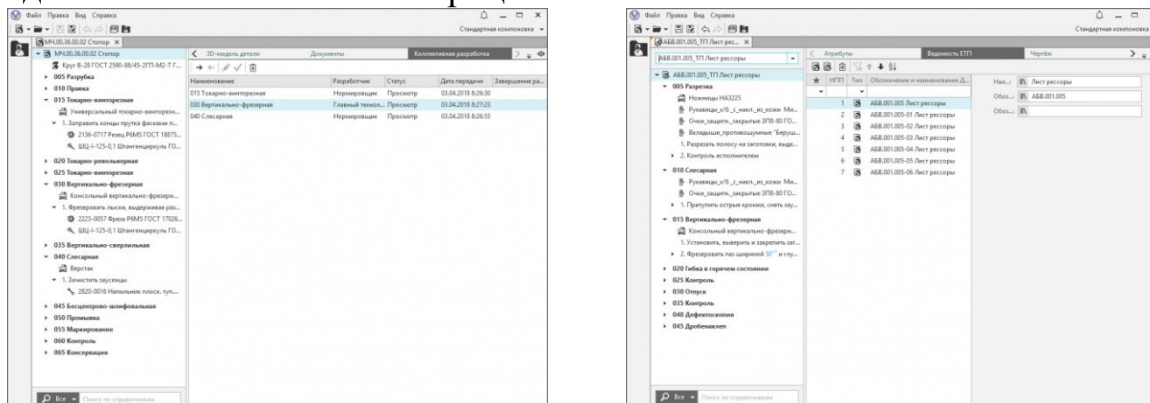


Рисунок 1 – Ієрархічна структура з операцій, переходів, обладнання, професій, оснащення та інших технологічних об'єктів

При автоматизованому проектуванні ТП підтримується двосторонній зв'язок параметрів технологічного процесу з параметрами графічних документів КОМПАС-3D (рис. 2): креслень, ескізів, 3D-моделей. При зміні значень параметрів в графічних документах відбувається відповідна зміна асоційованих параметрів технологічного процесу (наприклад, зміна розмірів в тексті переходу при зміні відповідного габариту на кресленні). Є можливість і зворотної дії - поновлення значення параметра в графічному документі у відповідь на зміни в ТП.

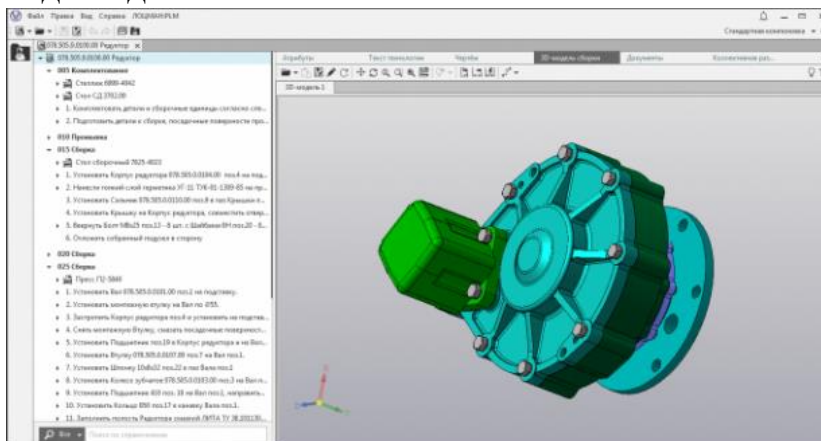


Рисунок 2 – Графічний документ КОМПАС-3D

Автоматизація проектування технологічних процесів підтримує безшовну інтеграцію з системою управління нормативно-довідковою інформацією ПОЛИНОМ: MDM. Дозволяє виконати технологічні розрахунки, розрахунки витрат часу на технологічні операції, дозволяє вирішувати завдання призначення заготовки деталі, розрахунку маси

заготовки, автоматизації розрахунку норми витрати основного матеріалу і інших параметрів нормування в технологічних підрозділах підприємства, розрахунок режимів різання і сформувані комплект технологічної документації використовуваної на підприємстві.

Список посилань

1. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва в 2-х томах, Т. 1: навч. посібник / А.В. Біловол, О.О. Клочко, О.В. Набока, А.О. Скоркін, О.М. Шелковий. під редакцією О.М. Шелкового // Х.: НТУ «ХПІ», 2016. - 400 с.

2. Степанов М.С. Багатокритерійна регламентація параметрів поверхневого шару деталей / М.С. Степанов, О.О. Клочко, А.М. Кравцов // Фізичні і комп'ютерні технології. Праці 21-й Міжнародній науково-практичній конференції. 24-25 грудня 2015 року, м.Харків. - Д.: Ліра, 2015. - С. 68-76.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ІТЕРАЦІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОДАЧ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Кобельник В.Р., канд. техн. наук,

Крупа В.В., канд. техн. наук, Каровська О.В., студент

*Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна,*

Тимошенко Н.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна,

Проаналізовано методи визначення точності подач S_i , де $i=1 \dots n$, для різних паспортних значень подач верстату [1 - 3], як випадкових величин із нормальним законом розподілу за параметрами: математичне сподівання $M(S_i)$, дисперсії розсіювання $D(S_i)$ та коефіцієнта варіації $K_v(S_i)$.

Встановлено [1 - 3], що точність подачі на універсальному верстаті залежить від певної кількості факторів: довжини кінематичного ланцюга, точності виготовлення елементів (ланок) кінематичного ланцюга, динамічних факторів, зазорів в кінематичних ланцюгах, накопиченої кінематичної похибки, розсіювання кроків зубчастих коліс, відхилення профілю зубчастих коліс від евольвенти та ін.

Відзначено як недолік, визначення точності подач на незначній віддалі переміщення супорта токарного верстата $L_T \geq (100 \dots 120) \cdot S_i$ або шпинделя свердлильного верстата $L_C \geq (60 \dots 80) \cdot S_i$. При цьому не враховано точнісних характеристик рейкової шестерні, оскільки при вищеподаних довжинах переміщень супортів L_T або L_C та подачах $0,05 \leq S \leq 0,3$ мм/об кут провороту шестерні φ відповідно складає $20^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ$. Окрім цього визначаючи точність подач на довжині переміщення L_T і L_C , не враховано зношування рейкової шестерні по всій її довжині.

Суть запропонованого методу полягає у наступному. Точність подач визначають на ділянках, рівномірно розміщених на довжині ходу супорта

для токарних верстатів, або довжині ходу шпинделя свердлильних верстатів. Кількість вимірювань значень подач (величина вибірки) не повинна бути менше $N \geq \frac{\pi \cdot m_{ш}}{S_i}$ (де $m_{ш}$ – модуль зуба рейкової шестерні),

що відповідатиме провороту ψ рейкової шестерні на один зуб $\psi = \frac{2\pi}{z_{ш}}$,

(рад.), де $z_{ш}$ – кількість зубів рейкової шестерні. У випадку, якщо $N > 10$, то приймаємо $N = 10$. Заміри здійснюються від моменту входу зуба рейкової шестерні в зачеплення, потім рейкову шестерню повертають до початку входу в зачеплення наступного її зуба і знову проводять заміри значень подач за один оберт шпинделя.

Отримані статистичні ряди подач на кожній із j ділянок піддавали обробленню і визначали вибіркові значення $M_j(S_i)$, $D_j(S_i)$ та $K_{vj}(S_i)$, які приймали, як випадкові величини розподілені за нормальним законом розподілу.

Використавши для отримання вибірових характеристик метод ітерацій [4 – 6] за теорією малої вибірки, отримали залежності для визначення щільності розподілу

$$f(S) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} \prod_{k=1}^n c_k + \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \sum_{k=1}^n \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{S - S_1}{\sigma} \right)^2 \right] \prod_{i=k}^n S_i & \text{при } S \in [a; b] \\ 0 & \text{при } S \notin [a; b] \end{cases}$$

математичного сподівання $M(S_i)$

$$M(S) = \frac{a+b}{2} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n S_k \left(\frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \left(e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} \right) + S_k [\Phi(z_{2k}) - \Phi(z_{1k})] \right),$$

$$\text{де } z_{1k} = \frac{a - c_{pk}}{\sigma}, \quad z_{2k} = \frac{b - c_{pk}}{\sigma},$$

дисперсії $D(S_i)$

$$D(S) = \frac{a^2 + a \cdot b + b^2}{3} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n c_i \left(\frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \cdot \left((\sigma \cdot z_{1k} + 2s_{pk}) \cdot e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - (\sigma \cdot z_{2k} + 2s_k) \cdot e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} \right) + (\sigma^2 + s_k^2) \cdot [\Phi(z_{2k}) - \Phi(z_{1k})] \right) - M^2(S)$$

та коефіцієнта варіації $K_v(S_i)$

$$K_v(S) = \frac{\sigma_i(S)}{S_i}.$$

Скориставшись критерієм Стьюдента t_k і Фішера F встановили суттєві або несуттєві відмінності між величинами $M(S_i)$ та $M(S_{i+1})$, $D(S_i)$ та $D(S_{i+1})$, $K_v(S_i)$ та $K_v(S_{i+1})$.

За коефіцієнтом варіації враховуючи різну величину зношування рейкового колеса визначали стабільність розсіювання подач.

Висновок: Запропонований метод визначення точності подач токарних і свердлильних металорізальних верстатів дає можливість оцінити зміну характеристик розсіювання вздовж ходу супорта або шпинделя та забезпечує високу достовірність отриманих даних.

Список посилань

1. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів: дис. канд. техн. наук, спец. 05.03.01 / Крупа Володимир Васильович – Тернопіль, 2015. – 185 с.

2. Кобельник В. Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 [Текст] / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99 – 108.

3. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні [Текст] / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів: Машинознавство. – 2013. – №9-10 (195-196). – С. 76-83

4. Кривий П.Д. Статистичне оцінювання міцності пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок [Текст] / П.Кривий, Н.Тимошенко, В.Коломієць, Р.Чорний // Вісник ТНТУ. — Тернопіль: ТНТУ, 2013. — Том 70. — № 2. — С. 121 — 129.

5. Гаскаров Д. В. Малая выборка [Текст] / Д. В. Гаскаров, В. И. Шаповалов – М.: Статистика, 1978. – 260 с.

6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей о математической статистике: Учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЧОЇ СИСТЕМИ НА ПОКАЗНИКИ ВИХІДНОЇ ТОЧНОСТІ ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Ковальов В.Д., д.т.н., професор,

Антоненко Я.С., ст.викл, Виганяйло Б.Ю., магістрант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Якість виробів залежить від точності виготовлення окремих деталей. Особливо треба виділити деталі типу нежорсткі вали, які по більшості працюють у важких умовах навантаження і навіть незначна неточність при їх виготовленні суттєво прискорює процес їх зношування та руйнування виробу. Токарна обробка на важких верстатах, на сьогодні, залишається найбільш трудомісткою операцією при виготовленні деталей такого типу.

Питаннями підвищення точності токарної обробки займались Балакшин Б.С., Подпоркин В.Г., Плотников А.Л., Иванов В.В. та ін.. Однак, запропоновані засоби підвищення точності, не дивлячись на їх різноманіття, не в повному обсязі враховують вплив факторів, що

призводять до пружнього вижиму елементів технологічної системи та зростанню похибки обробки у радіальному напрямку.

У роботі представлений аналіз можливості підвищення точності і стабільності обробки валів з низькою жорсткістю на важких токарних верстатах при забезпеченні високої ефективності механічної обробки та зниження металоємності. Проблема забезпечення заданих показників якості в системах комп'ютеризованого автоматизованого виробництва багато в чому визначається якістю систем управління траєкторією формоутворюючих рухів інструмента відносно оброблюваної поверхні, що компенсується у часі з урахуванням похибок несучої системи. Запропоновано ефективний спосіб підвищення точності обробки виробів на важких токарних верстатах за рахунок підвищення жорсткості несучої системи в результаті проектування станини раціональної конструкції, в поєднанні з компенсацією відхилень обробки, що враховуються в програмі ЧПУ.

Несуча система - найбільш специфічна система верстата, і її характеристики визначають взаємодію всіх його вузлів. Несуча система повинна забезпечувати і зберігати протягом терміну служби верстата можливість обробки з заданими режимами і необхідною точністю. Необхідна якість несучої системи забезпечується на стадії проектування. Очевидно, що в загальному випадку розрахунковий критерій якості несучої системи повинен бути безпосередньо пов'язаний з вихідними показниками процесу обробки на верстаті і в першу чергу з точністю і продуктивністю. Проведені дослідження дозволяють оцінювати вплив початкової жорсткості, точності станини на вихідні параметри верстата в цілому.

Застосування моделей, що складаються із кінцевих елементів і масивів, показало, що використання експериментальних даних по жорсткості станин і відповідних методичних рекомендацій з побудови математичних моделей, що враховують специфіку передачі навантаження елементів несучої системи, забезпечує цілком задовільну точність розрахунку. У роботі проведено дослідні випробування на жорсткість станин верстата мод. 1К675Ф3.450.

Проведені випробування станин литої і зварної конструкцій показали, що зварна станина піддається меншим деформаціям при розтиску полиць «в розпір» в 3,25 рази ніж лита. Зварна станина володіє більш високою жорсткістю тому відчуває деформації в 1,4 рази менші, ніж лита станина при одній силі навантаження. При вигині двома середніми башмаками виявлено, що під полицею задньої бабки прогин станини відбувається у незначних межах, а прогин секції зварної станини під супорт на 40% менше у порівнянні із прогином секції станини литої конструкції. Станина зварної конструкції при вигині її одним та двома башмаками зазнає деформації у 1,7 і 2,7 разів менші, відповідно, ніж станина литої конструкції. Проаналізовано питому крутну податливість тотожних по формі литої та зварної станини. Виявлено, що жорсткість на

кручення зварної станини у 3-3,5 рази вище, що позитивно впливає на продуктивність різання і точність обробки.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ФЛАНКОВАНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ ВИБОРЧОГО ПЕРЕНОСУ В УМОВАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Ковальов В.Д., д.т.н., професор, Кравченко Д.О., аспірант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,
Пермяков О.А., д.т.н., професор, Клочко О.О., д.т.н., професор,
Белоусов М.О., магістрант
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна

Наукові розробки в області нанотехнологій допомагають зменшити тертя важко навантажених високошвидкісних фланкованих зубчастих коліс. Модифіковані мідні мастильні матеріали, які при відповідних режимах створюють в зоні контакту мідну плівку і забезпечують ефект «виборчого перенесення». Модифіковані мідні мастильні матеріали різноманітні за структурою і застосовуються у відповідальних високошвидкісних фланкованих зубчастих колесах [1], де виникає тертя: в результаті фізико-хімічних процесів утворюється тонкий шар міді, тобто реалізується «виборчий перенесення».

Виявлено, що при терті мідних сплавів зі сталлю в умовах граничного змащення, що виключає окислення міді, відбувається явище виборчого перенесення міді з твердого розчину мідного сплаву на сталь і зворотного її перенесення з стали на мідний сплав, що супроводжується зменшенням коефіцієнта тертя до рідинного і приводить до значного зниження зносу пари тертя (рис. 1). Сутність його полягає в наступному: у парі тертя сталь-мідь, сталь-бронза або сталь-латунь з твердого розчину завдяки руйнуванню міжатомних зав'язків виділяється мідь. Чиста мідь, яка виділилася, переноситься на поверхню стали в вигляді шару завтовшки близько тисячної частки міліметра.

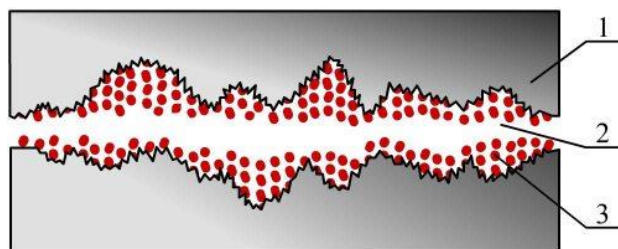


Рисунок 1 – Тертя в умовах граничного змащення, що виключає окислення міді: 1 – евольвентна поверхня тертя зуба шестерні, 2 – евольвентна поверхня тертя зуба колеса, 3 – мідь

Нанотехнологія утворення найтоншого шару не несеться із зони контакту, а переходить з однієї поверхні тертя на іншу, що надає вузлам тертя високу зносостійкість. Відомо, що при певних умовах в вузлах тертя відбувається відрив дрібних частинок з однієї поверхні і перенесення їх на іншу [2, 3]. Якщо кожна відірвана від поверхні частка не буде нестися із зони тертя, а буде утримуватися протилежної поверхнею, покриваючи її тонким шаром і повідомляючи їй високу гладкість, то коли протилежні поверхні виявляться покритими тонким шаром міді, знос припиниться.

Відкриття ефекту беззносності знаменує собою виконання віковичної мрії інженерів: тертя є, а зносу немає. При терті в мастильній середовищі, поверхня зубів, що контактує, зубчастих коліс захищається від окислення і очищається від кислих плівок. Очищені металеві поверхні і частки міді, стикаючись, схоплюються і утворюють нову кристалічну структуру. Плівка міді заповнює мікронерівності і значно збільшує фактичну площу контакту, що призводить до зниження тиску. Це, в свою чергу, тягне за собою зниження температури в зоні контакту. Така плівка міді рухлива, пластична і має квазікристалічну структуру, що нагадує холодець. Оскільки товщина мідної плівки перевищує розміри мікронерівностей, то процес тертя локалізується саме в ній. Це призводить до зниження зносу (в десятки разів) і коефіцієнта тертя (в сотні разів).

Отже, мідна частка, потрапляючи в зону тертя, схоплюється з поверхнею металу. Утворенню оксидних плівок, гальмують схоплювання, перешкоджають поверхнево-активні речовини (ПАР), що входять до складу мастильного матеріалу. Введення в масло порошоків міді призведе до утворення плівки, що розділяє поверхні тертя.

Нанотехнології застосування мастила на основі міді запобігає заїдання зубчастих коліс за рахунок збереження своїх властивостей при високій температурі і тиску, у агресивному середовищі, при проникненні вологи. Мідне мастило в повній мірі здатне захистити механізми від впливу води, хімікатів, слабких розчинів кислот і лугів, пару, надійно оберігає з'єднання від затискачів, заїдання, зварювання, прикіпання, сплювання, корозії при тривалій роботі в несприятливих умовах.

Мастило на основі міді використовується у зубчастих редукторах в металургійної промисловості та виробництві через здатність витримувати високі температури і тиск. Мастило зберігає свої властивості при екстремальних температурах від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, що гарантує її 100% ефективність. Регулярне використання дозволяє вберегти зубчасті передачі від зносу і простоїв [4].

Переваги мідного мастила в зубчастих редукторах: захищає механізми, елементи з'єднання при експлуатації в особливих умовах під впливом високих температур, тиску, вологи, попереджає виникнення іржі, корозії, заїдання, а також прикіпання, стирання, передчасного зносу важко навантажених високошвидкісних фланкованих зубчастих коліс, створює надійне антифрикційне покриття, високу адгезію до будь-яких матеріалів,

володіють властивостями, що демпфують, знижують вібрацію і шум, ефективно перешкоджають стирання і заклинюванню зубчастих коліс.

Мідні мастила застосовуються в важконавантажених редукторах, де є високі контактні навантаження зубчастих і високих (до 1100 °С) температурах.

Як правило, до складу мідних мастил входить три основних речовини: подрібнена мелкодисперсна мідь, масло, частково мінеральне, частково - синтетичне, і речовини, які припиняють процеси корозії.

Мідне мастило рівномірно і без дефектів покриває зубчасті колеса, здатне служити протягом дуже тривалого періоду часу, не вимагаючи заміни. Крім того, не схильне до впливу з боку кислот, води з домішкою солей. Ефективно усуває заїдання в механізмах і здатне працювати в досить широкому температурному діапазоні – від -35 °С до 1100 °С. Мідне мастило практично не випаровується і не має точки роси.

Список посилань

1. Стабілізація трибологічного контактування у зубчастих передачах технологічними методами / О. О. Клочко, М. І. Гасанов, Є. В. Басова, Д. О. Кравченко // Збірник наукових праць. Прогресивні технології в машинобудуванні: Тези докладів V-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-12 лютого 2016 р. – Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – С. 50–51.

2. Барышников С. О. Нанотехнология: эксперимент и реальность // Вестник Инжексона. – СПб., 2009.

3. Лахтин Ю. М. Металловедение и механические свойства металлов. – М.: Металлургия, 1983. – 359 с.

4. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. – М.: Машиностроение. – Ч. II. – 368 с.

РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З ВАЖКООБРОБЛЮВАННИХ МАТЕРІАЛІВ

Ковальов В.Д., д.т.н., професор, Зелік М.С., аспірант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Аналіз стану проблеми показує, що технологія виготовлення та складання конструкцій і систем броньованого захисту має ключове значення з точки зору забезпечення гарантованого рівня міцності та надійності в умовах інтенсивного імпульсного та ударного навантаження. Для елементів та з'єднань компонентів броньованого захисту визначальними є оброблення важкооброблюваних високоміцних металевих сплавів, зварних з'єднань з використанням новітніх металорізальних верстатів, інструментів та інноваційних технологій.

Мета роботи – розробка конструкцій і технологій виготовлення та складання комбінованих систем оперативного бронювання стаціонарних і

пересувних військових укріплень та транспортних засобів із змінним рівнем захисту із застосуванням міцних елементів з металевих, керамічних та композитних матеріалів та їх відходів.

Вирішені наступні задачі:

1. Проведено аналіз тенденцій розвитку конструкцій та технології об'єктів військового призначення.
2. Виявлені основні недоліки існуючих об'єктів військового призначення.
3. Спроектвана конструкція захисних блоків для укріплень.
4. Розроблена конструкція захисного броньованого віконного блоку для пересувного об'єктів.
5. Спроектвана конструкція захисного модуля для укріплення окопів.
6. Для пересувних об'єктів військового призначення розроблено бойовий поворотний модуль.

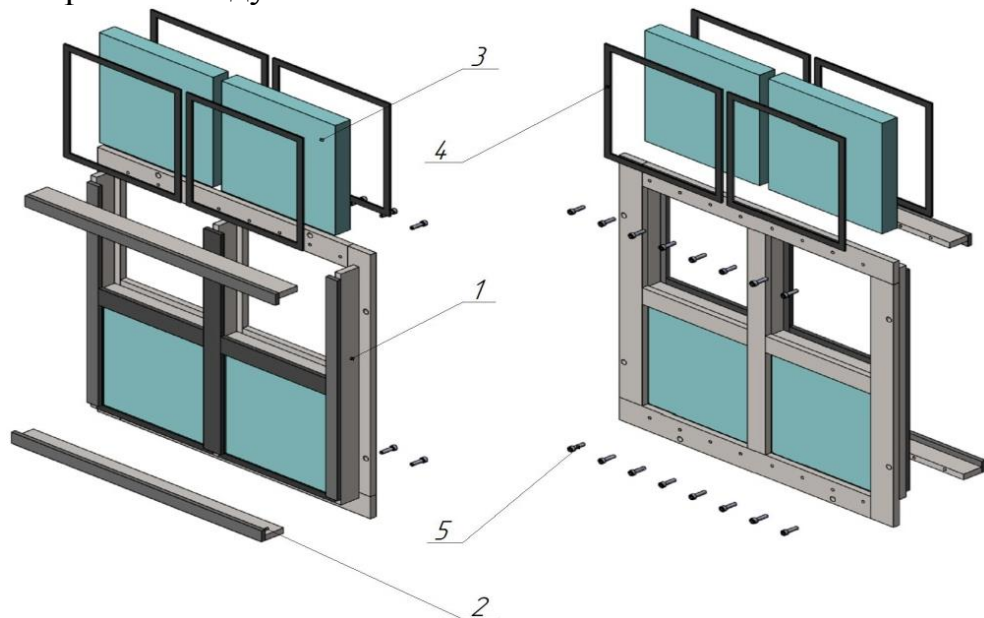


Рисунок 1 – Конструкція блоку віконного броньованого

АГРЕГАТНО – МОДУЛЬНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НОВИХ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БАЗИ ЗНАНЬ

Ковальов В.Д., докт. техн. наук, професор,

Саєнко М.О., аспірант, Серик В.А., магістрант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Верстатобудування становить основу важкого машинобудування і є однією з одних високотехнологічних галузей України. Можливість виготовлення важких машин, конкурентоспроможних на світовому ринку, забезпечується оснащенням машинобудівних підприємств сучасним верстатним обладнанням. Високі вимоги на світовому ринку до якості

продукції, що випускається, тенденція до створення високотехнологічного обладнання обумовлюють необхідність подальшого вдосконалення автоматизованого виробництва. Для створення нових важких верстатів потрібні сучасні методи та принципи проектування, які базуються на можливостях інформаційних технологій, використанні найновіших наукових досягнень в галузі розробки складних технічних систем.

Для цього необхідно створити бібліотеку уніфікації спеціальних модулів на основі бази знань, яка містить інформацію о принципах обробки деталей важкого машинобудування на верстатах певної конструкції з інформацією о вихідних даних результатів обробки (якість, продуктивність, собівартість і т.п.).

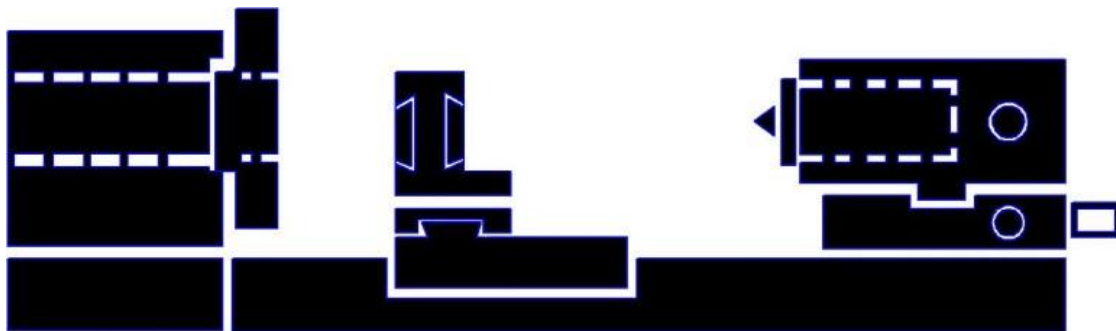
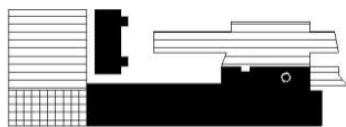
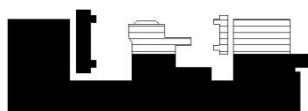


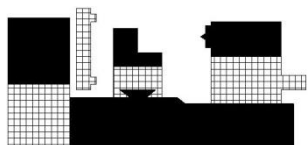
Рисунок 1 – Головний вид важкого токарного верстата



Розточувальний верстат



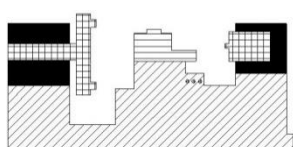
Спеціальний токарний верстат



Верстат збільшеного діаметру



Верстат збільшеної важкопідйомності



Лоботокарний верстат

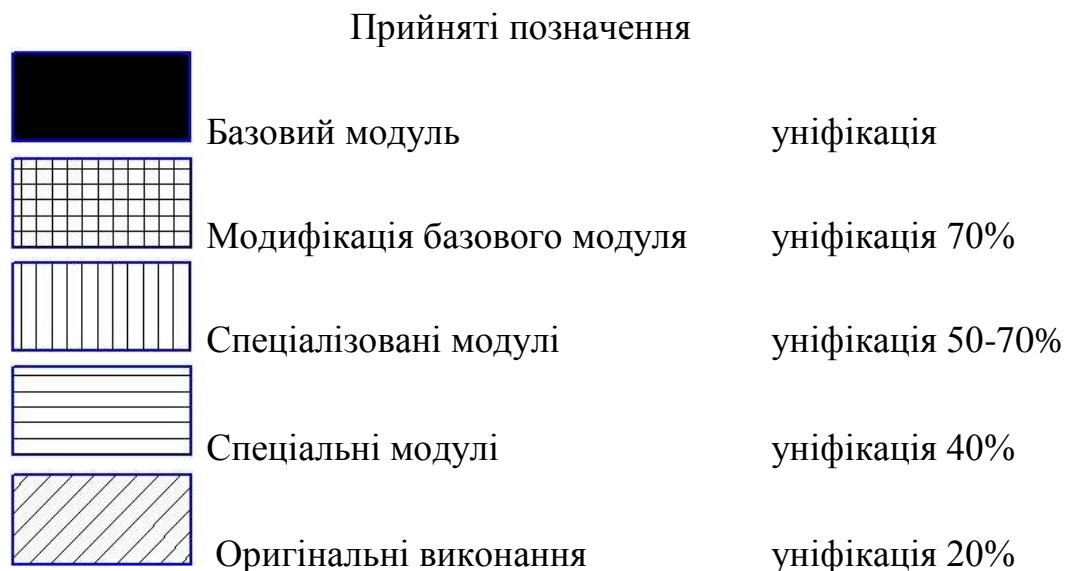


Рисунок 2 – Модульний принцип побудови гами

Таким чином метою роботи є підвищення працездатності важкого верстатного обладнання за рахунок створення систем проектування верстатів оптимальної конструкції.

Для цього в роботі вирішуються наступні задачі: розробка методики автоматизованого проектування важких верстатів; створення бази знань з наявністю параметрів важких верстатів, які використовуються на машинобудівних підприємствах, їх конструктивних особливостей та режимів роботи; розробка системи проектування важкого токарного верстату раціональної конструкції з модулів, згідно призначенню; впровадження результатів роботи на натурні випробування дослідних зразків верстатного обладнання.

Також в роботі планується провести: створення бази знань для автоматичного проектування важких верстатів; математичне моделювання процесу проектування важкого верстату з різними ступенями уніфікації його вузлів; експериментальне дослідження довговічності, надійності вузлів та механізмів.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮЄМИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РАХУНОК ВДОСКОНАЛЕННЯ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ

*Ковальов В.Д., докт. техн. наук, професор,
Нестеренко В.М., аспірант, Сільченко Д.К., магістрант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна*

Сучасні вироби важкого машинобудування виробляються з нових матеріалів підвищеної міцності та твердості, тому обладнання та інструмент для їх обробки повинно співвідносити до умов підвищеного

навантаження при забезпеченні високої точності та якості обробки. Останнім часом тверда обробка (тонке точіння) є дуже актуальною темою. Є необхідність в обробці матеріалів, твердість яких понад 36...40HRC, які застосовуються в оборонній промисловості, автомобілебудуванні, металургії (наприклад обробка хромистого чавуну) та ін. Лімітуючими факторами є система верстат-пристосування-інструмент-деталь. Часто виникає проблема з вибором інструменту. На даний момент на чорнових операціях для зачистки поверхневого шару з твердих матеріалів використовують абразив. При цьому верстатне обладнання, яке використовується для твердого точіння, має невиправдано завищені запаси потужності (використовувана потужність складає не більше 15-30% від максимальної потужності верстата).

Обробка, як чорнова, так і чистова характеризується підвищеними вібраціями і силами різання, для мінімізації яких використовуються верстати важчі ніж необхідно. У слідстві чого і виходить завищена потужність, матеріалоемність і в кінці вартість верстата. Тому для реалізації такого точіння необхідні відповідні інструменти для чорнових і чистових операцій, а для забезпечення їх роботи в оптимальних режимах необхідно розробляти спеціальні верстати, які забезпечують сприйняття підвищених навантажень, демпфування вібрацій, а також швидкостей для оптимальних режимів.

В якості одного з перспективних рішень є застосування гідростатики для опор токарних верстатів. В першу чергу застосування гідростатики для поздовжніх і поперечних напрямних супорта, шпинделя, застосування посиленних тягових пристроїв приводів повздовжньої і поперечної подач, спеціальних конструкцій різцетримачів з підвищеною жорсткістю, спеціальних демпфіруючи пристроїв.

У зв'язку з цим необхідно вирішити ряд питань і завдань:

1. Аналіз сучасних конструкцій важких верстатів, методів їх проектування та технології їх виготовлення. Виявлення слабких ланок при важких режимах обробки.

2. Аналіз номенклатури деталей важкого будовання для сучасних машин з групуванням у галузі знань їх характеристик, геометричних і міцнісних параметрів.

3. Розробка методів проектування структурних схем та компоновки важких верстатів у відповідності до вимог виготовлення деталей з важкооброблюваних матеріалів.

4. Створити нові конструкції верстатних вузлів які забезпечують працездатність при високих навантаженнях

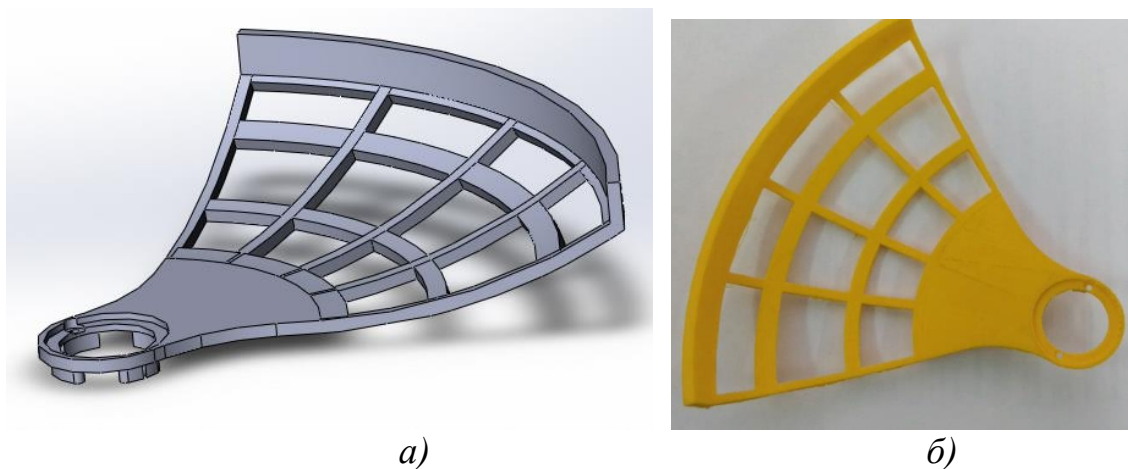
5. Експериментально дослідити працездатність нових верстатних вузлів в робочих та виробничих умовах з метою оптимізації їх конструкції перевірки оцінки.

ШВИДКЕ ПРОТОТИПУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗАХИСНИХ КОЖУХІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Козьяр Я.А, студент 3 курсу факультету КІТМР,
Штегін О.О., канд. техн. наук, доцент кафедри ПМ і КІТ
Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна*

У сучасних ринкових умовах украї важливим є в якомога коротший проміжок часу перейти від ідеї створення продукту до етапу його продажу. Це стосується, зокрема, і виробів машинобудівної галузі. Різні методи швидкого прототипування дозволяють значно скоротити часові та фінансові витрати на етапі конструкторської підготовки виробництва, коли відбувається створення нових або ж удосконаленню діючих конструкцій виробу. У останнє десятиріччя неабиякої популярності набули різні методи тривимірного друку, що вимагає від учених-машинобудівників приділяти більше уваги дослідженню та вдосконаленню адитивних технологій [1].

Нами було досліджено виготовлення прототипів деталей захисних кожухів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) методом наплавлення (FDM друк). Це ажурні деталі складної просторової форми, щодо яких пред'являються високі вимоги як по масово-габаритним характеристикам, так і по виконанню їх основної функції — захисту людей від гвинтів при можливому зіткненні з БПЛА (рис. 1).



*Рисунок 1 – Захисний кожух БПЛА
а) тривимірна модель б) надрукований прототип*

При комплексному підході до вирішення задачі забезпечення достатньої жорсткості деталі при її малій вазі часто виникає потреба здійснення топологічної оптимізації конструкції виробу з емпіричною перевіркою отриманого результату комп'ютерного моделювання на реальному прототипі, перш ніж перейти до технологічної підготовки виробництва — виготовлення прес-форми для подальшого лиття пластмасової деталі в серійних масштабах [2, 3]. Нами було здійснено

виготовлення таких прототипів із використанням різних матеріалів, характеристики яких наведено в таблиці 1.

На основі проведеного порівняльного аналізу деталей захисних кожухів, надрукованих з ABS, ABS+, PLA та Nylon, нами було визначено, що при використанні ABS вдається отримати необхідну жорсткість та міцність деталей, проте у зв'язку з поганими адгезійними властивостями деталей при певному навантаженні починає слоїтися, що є неприпустимим для даного типу деталі.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики матеріалів, що використовувались при 3D-друці

Назва матеріалу	Параметри матеріалу			
	Температура плавлення, °C	Температура склування, °C	Міцність, на згин МПа	Густина, кг/м ³
ABS	220–260	105	70–80	1020–1080
ABS+	230–250	115	80–90	1050
PLA	190	60–65	80	1230–1250
NYLON	260	50	100	1200

Розглянувши зразки з PLA та Nylon, ми також дійшли до висновку щодо їх непридатності, оскільки у першому випадку деталь має недостатню міцність, а в другому — занадто високу пластичність. Таким чином, порівняння показало, що оптимальним є використання ABS+, що є гібридом термопластиків ABS та PLA, і, на відміну від ABS, має відмінні адгезійні властивості при однаковій міцності та жорсткості.

Подальші дослідження в цьому напрямку мають на меті дослідити взаємозв'язок між адгезійними властивостями різних термопластиків та експлуатаційними характеристиками деталей, отриманих методом тривимірного друку, в кількісних показниках.

Список посилань

1. Dudek, P. (2013). FDM 3D Printing Technology in Manufacturing Composite Elements. *Archives of Metallurgy and Materials*, 58(4), 1415–1418. doi:10.2478/amm-2013-0186
2. Bak, D. (2003). Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter. *Assembly Automation*, 23(4), 340–345. doi:10.1108/01445150310501190
3. He, Y., Xue, G., & Fu, J. (2014). Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer. *Scientific Reports*, 4(1). doi:10.1038/srep06973

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Кононов В.В., к.т.н., доцент,

Зубач О.О., студент

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

Для зниження витрат при обробці виробів на металорізальному обладнанні, зростання продуктивності, економії дефіцитних інструментальних матеріалів, підвищення точності і якості поверхні виробів необхідні обґрунтований вибір і призначення оптимальних режимів різання для конкретних технологічних операцій.

Наявні нормативні таблиці для вибору режимів різання, як правило, містять режими, обробка на яких призводить до мінімальної собівартості операції [1]. Але при цьому нормативи не дозволяють вибрати режим різання, виходячи з конкретних умов або критеріїв оптимізації операції. Більшість нормативів призначені для вибору режиму різання при роботі на універсальному обладнанні в діапазоні середніх та інтенсивних режимів різання, і не враховують складний характер стійкісних залежностей в широкому діапазоні зміни режиму, характерного для автоматизованого виробництва. Стійкість, виражена у хвилинах машинного часу, не є достатньо надійним показником роботи різального інструменту, оскільки зниження режимів обробки призводить до збільшення стійкості інструменту. Справедливість такого твердження добре ілюструється порівнянням значень стійкості (T) і напрацювання (L) (табл. 1) при використанні різних режимів. У цій таблиці на підставі експериментів [2], приведено порівняння режимів для свердління спіральним свердлом $D = 14$ мм отвору у вуглецевій якісній конструкційній сталі.

Таблиця 1 – Порівняльні показники стійкості (T) і напрацювання (L) інструменту

S_o , мм/об	0,20			0,28			0,40		
n , об/хв	350	500	700	350	500	700	350	500	700
V , м/хв	15	23	30	15	23	30	15	23	30
T , хв	230	128	53	212	123	11	78	30	0,4
L , м	15,2	12,2	7,4	20,8	17,2	2,3	10,9	6,0	0,1

Таким чином, вибір режимів різання залежить від чинників, які практично не враховані в нормативних таблицях: критерій оптимізації режиму різання, міра автоматизації зміни і переточування інструменту та інших факторів.

Список посилань

1. Б.Д. Даниленко. Обоснование формы нормативных таблиц для выбора режимов сверления. «Известия ВУЗов. Машиностроение». Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №9, 1987.

2. Б.Д. Даниленко. Элементы нормирования, включаемые в нормативы по режимам резания при сверлении. «Известия ВУЗов. Машиностроение». Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №9, 1985.

ВИБРОПОЛИРОВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*Кононов В.В., к.т.н., доцент, Надзельский И.И., студент
Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина*

Наиболее распространенным методом обработки свободными абразивами является вибрационная обработка. Вибрационная обработка в зависимости от характера применяемой рабочей среды представляет собой механический или химико-механический процесс съема мельчайших частиц и его оксидов с обрабатываемой поверхности, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования частицами рабочей среды, совершающими в процессе работы колебательное движение [1].

Обрабатываемые детали загружаются в рабочую камеру, заполненную рабочей средой требуемой характеристики. Рабочая камера, установленная на упругой подвеске, может колебаться в различных направлениях (рис. 1).

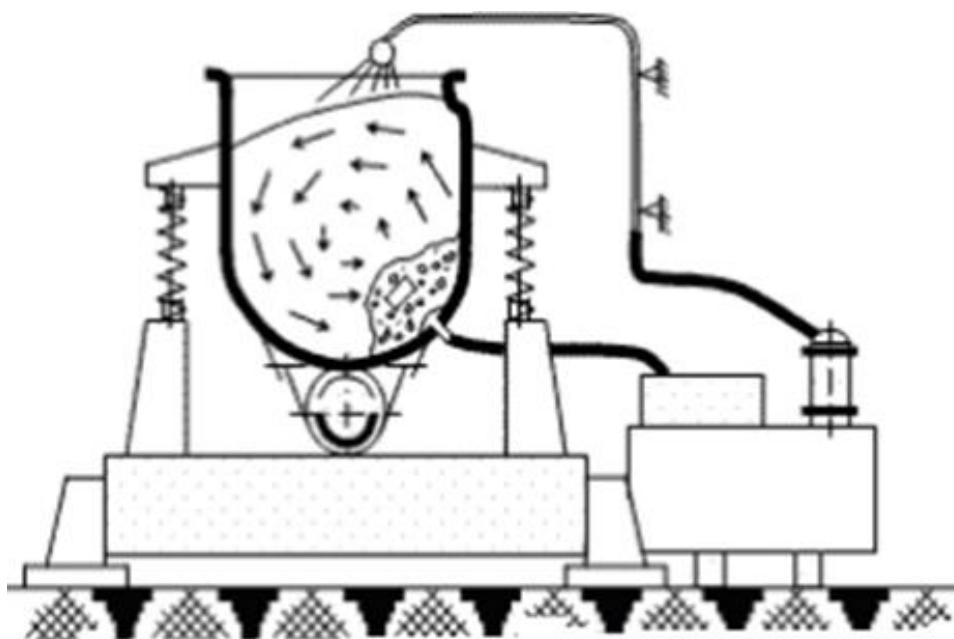


Рисунок 1 – Схема процесса вибрационной обработки.

Большое количество микроударов, действующих на обрабатываемую деталь одновременно в различных направлениях, способствует в некоторой степени удержанию ее во взвешенном состоянии, исключая

грубые забоины и повреждения. Это позволяет обрабатывать детали малой жесткости [2].

Особенности вибрационной обработки – одновременная обработка большого количества деталей без закрепления, возможность обработки деталей различных размеров, возможность обработки деталей малой жесткости. Обработка производится в основном в пределах профиля исходной шероховатости, т.е. является «безразмерной», однако при необходимости удаления дефектного слоя (после литья, штамповки и т.п.) можно снимать больший припуск за счет увеличения времени.

Перечень ссылок

1. Макеев, Р. И. Виброполировальная обработка в современном технологическом процессе [Текст] / Р. И. Макеев, А. В. Толкачев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. – №4 (16). – С.49-50.
2. Волков, А. В. Толкачев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – №1 (174). – С.32-35.

МОДЕЛЮВАННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ МОВОЮ MODELICA

***Копей В. Б., канд. техн. наук, доцент,
Угринчук Р. В., студент***

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Modelica – об'єктно-орієнтована, декларативна мова моделювання для компонентно-орієнтованого моделювання складних мультидомених систем, зокрема, систем, що містять механічні, електричні, електронні, гідравлічні, теплові, енергетичні компоненти, а також компоненти управління та компоненти, орієнтовані на окремі процеси [1].

Мета роботи – розробити модель технологічної системи (токарний верстат-інструмент-деталь) з коефіцієнтом жорсткості j (рис. 1 а) мовою Modelica та провести симуляцію вільних коливань, які виникають під час різкого збільшення радіальної складової сили різання F_y .

Найпростішим способом побудови моделі є використання компонентів стандартної бібліотеки Modelica та автоматизоване формування коду Modelica за допомогою середовища OpenModelica або Maplesim 7 (рис. 1 б). Цей спосіб показує основну перевагу мови Modelica - спрощення побудови складних динамічних систем. Значення параметрів моделі були взяті з літератури [2]. Нижче наведено автоматично згенерований код мовою Modelica.

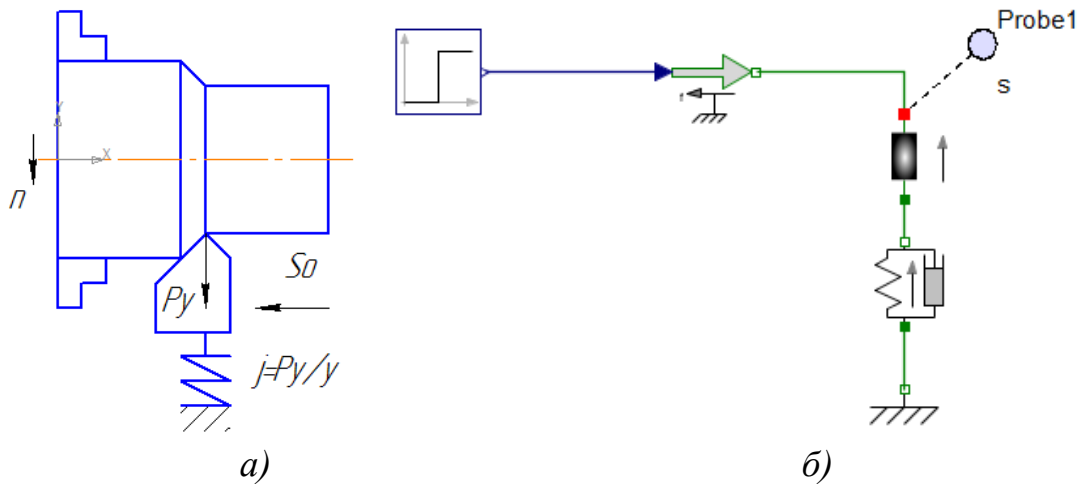


Рисунок 1– Модель технологічної системи: а) деформації у в технологічній системі з коефіцієнтом жорсткості j б) модель, побудована з компонентів стандартної бібліотеки Modelica в середовищі Maplesim 7

```

model Main
  public Modelica.Mechanics.Translational.Components.Fixed F1(s0=0);
  public Modelica.Mechanics.Translational.Components.Mass M1(m=7, L=0);
  public Modelica.Mechanics.Translational.Sources.Force F2(useSupport=
false);
  public Modelica.Mechanics.Translational.Components.SpringDamper SD1(
s_nominal=0.10e-3, c=0.10e8, d=3000.0, s_rel0=0);
  public Modelica.Blocks.Sources.Step S1(height=100, offset=100, startTime
=5);
equation
  connect(F1.flange, SD1.flange_a);
  connect(SD1.flange_b, M1.flange_a);
  connect(F2.flange, M1.flange_b);
  connect(S1.y, F2.f);
end Main;

```

Модель складається з компонентів: зафіксований фланець F1, маса M1, сила F2, пружина-демпфер SD1 та сигнал S1, що відповідає величині сили різання. Кожен компонент володіє поведінкою, яка описується рівняннями і алгоритмами його класу. Функція connect створює додаткові рівняння системи шляхом з'єднання фланців компонентів. Параметри компонентів: маса $M1.m=7$ кг, коефіцієнт жорсткості $SD1.c=10^7$ Н/м, коефіцієнт демпфування $SD1.d=3000$ Нс/м, переміщення фланця $F1.s0=0$ м. Сигнал S1 миттєво збільшує своє значення $S1.offset=100$ Н на $S1.height=100$ Н.

Другий спосіб побудови моделі дещо складніший. Це створення класу моделі без використання компонентів стандартної бібліотеки Modelica (рис. 2 а). В цьому випадку потрібно самостійно створити систему рівнянь і алгоритми, які описують поведінку моделі. Параметрами цієї моделі є m (маса), c (коефіцієнт жорсткості), d (коефіцієнт демпфування), $s0$ (переміщення нерухомого фланця). Змінними є $time$ (час), s (переміщення), v (швидкість), a (прискорення), f (сила). В розділі equation задекларовані рівняння, які описують поведінку системи. Тут

der(s) означає похідну від s за часом, а der(v) означає похідну від v за часом. Останнє рівняння описує рівновагу сил в кожен момент часу. В розділі algorithm створено алгоритм для симуляції миттєвого збільшення сили різання. Для симуляції в Open Modelica Shell потрібно ввести команди:

```
>> loadFile("C:/OpenModelica1.6.0/bin/1/cutting2.mo")
>> simulate(cutting, numberOfIntervals = 2000)
>> plot(s)
```

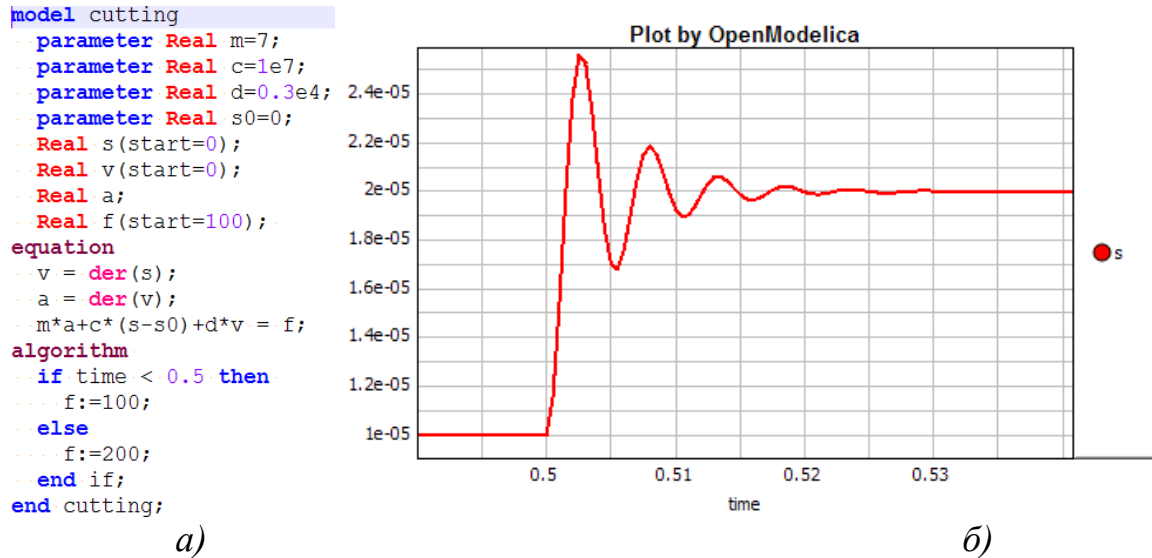


Рисунок 2 – Модель, яка не використовує компоненти (а) і результати симуляції - залежність переміщення s від часу (б)

Результати симуляції показані на рис. 2 б. Помітно, що різке збільшення сили різання може бути причиною збільшення відхилень форми або шорсткості деталі внаслідок виникнення вільних коливань технологічної системи.

Список посилань

1. Fritzson, P. Principles of object oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: a cyber-physical approach / Peter Fritzson. - 2nd edition. - Wiley-IEEE Press, 2014. - 1256 p.
2. Жарков, И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И. Г. Жарков - Л.: Машиностроение, 1986. - 184 с.: ил.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИНИКНЕННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ЗНОШЕННЯ В ПРОТОЧКАХ ДОННИХ ЧАСТИН ГІДРАВЛІЧНИХ ЦИЛІНДРІВ

*Корчак О.С., докт. техн. наук, доцент,
Біленець К.Є., магістр*

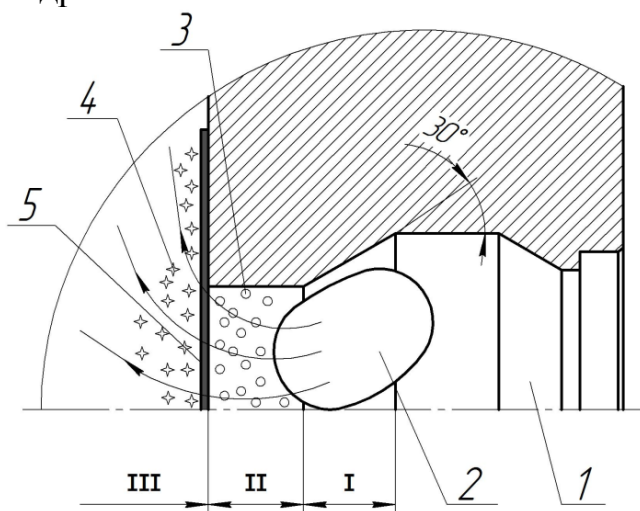
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Підведення рідини високого тиску до внутрішньої порожнини циліндра здійснюється через проточку (рис. 1), в якій потік рідини стискується з наступним різким розширенням на ділянці переходу проточки у внутрішню порожнину корпусу циліндра. Таке деформування струменя робочої рідини створює умови для виділення кавітаційних бульбашок, які, зхлопуючись, визивають ерозію поверхонь гідравлічних елементів. Розглянемо схему механізму виникнення кавітаційного зношення в проточці донної частини гідравлічного циліндра, в якій по мірі течії потоку рідини можна виділити такі інтервали:

- інтервал I – місце розширення струменя рідини високого тиску, яка потрапляє з трубопроводу, що підводить, до порожнини проточки в донній частині циліндра з наступним звуженням потоку на кут конусності 30 град.;

- інтервал II – найвужча частина проточки в донній частині циліндра, де утворюються кавітаційні бульбашки, концентрація яких підвищується по мірі течії потоку рідини в напрямку переходу проточки у внутрішню порожнину корпусу;

- інтервал III – ділянка переходу проточки у внутрішню порожнину корпусу циліндра з утворенням зони зхлопування кавітаційних бульбашок та поверхні інтенсивного кавітаційного зношення внутрішньої порожнини циліндра.



- 1 – проточка в донній частині;
- 2 – отвір для підводу всередину циліндра рідини високого тиску;
- 3 – кавітаційні бульбашки;
- 4 – місця зхлопування бульбашок;
- 5 – поверхня інтенсивного кавітаційного зношення внутрішньої порожнини циліндра

Рисунок 1 – Схема механізму виникнення кавітаційного зношення в проточці донної частини гідравлічного циліндра

Дослідження показують, що найбільша інтенсивність кавітаційного зношення спостерігається в початкові моменти вприскування робочої рідини під тиском у внутрішню порожнину гідравлічного циліндра, коли перепад тисків і швидкість рідини на ділянці переходу отвору у внутрішню порожнину корпусу максимальні. Це суттєво знижує ресурс безвідмовної роботи корпусу циліндра. Ускладнює ситуацію накопичення в робочій рідині повітря, яке потрапляє в неї при безпосередньому їх контакті в акумуляторі та баці.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИНИКНЕННЯ РІДИННОГО ГОЛОДУВАННЯ СИЛОВИХ ЦИЛІНДРІВ

*Корчак О.С., докт. техн. наук, доцент,
Коткова В.В., магістр*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Рідинне голодування

- властиве силовим циліндрам обладнання автоматизованих комплексів механічної обробки металів, значний об'єм внутрішніх порожнин яких потребує деякий час для заповнення, що не завжди поєднується з вимогами швидкодії обладнання;

- виникає внаслідок невідповідності компоновки системи керування силовими циліндрами режимам роботи виконавчих механізмів автоматизованих комплексів.

Найбільш часто рідинне голодування силових циліндрів виникає на етапах машинного циклу з найбільшими швидкостями переміщення рухомих частин. При цьому, якщо цей етап безпосередньо не пов'язаний з обробкою заготовки, тому необхідно його здійснювати за якомога короткий час, величина якого знаходиться в залежності від тривалості заповнення силових циліндрів робочою рідиною та пропускної спроможності гідравлічної системи керування. Запобігання рідинному голодуванню під час переміщення рухомих частин здійснюють наступним методом, який умовно можна поділити на декілька етапів.

Спочатку визначають відповідні параметри гідролінії «силовий циліндр – регулювальний клапан – акумулятор» на базі креслень розведень гідроліній за допомогою відповідних теоретичних залежностей. До цих параметрів у тому числі належать:

- загальна активна площа силових циліндрів відповідних виконавчих механізмів;

- об'єм та тиск в акумуляторі;

- довжина та розміри поперечного перетину основних гідроліній;

- величини коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів гідроліній.

Регулювальні клапани максимально наближують до силових циліндрів відповідних ступенів циліндрів та зосереджують основну частку

загального гідравлічного опору гідролінії «силовий циліндр – регулювальний клапан – акумулятор» на відповідному регулювальному клапані. Поточні значення швидкості та переміщення рухомих мас безперервно вимірюють засобами контролю системи автоматичного керування обладнанням автоматизованих комплексів механічної обробки металів.

У відповідності до закладеного в систему автоматичного керування алгоритму постійно контролюють показники датчиків тиску в силових циліндрах і акумуляторі та порівнюють поточний тиск у силових циліндрах з розрахунковим, визначеним у даний момент часу з урахуванням змінного гідравлічного опору регулювального клапана, зведеного коефіцієнта гідравлічного опору гідролінії «силовий циліндр – регулювальний клапан – акумулятор» та її зведеної довжини, коефіцієнта якості гідросистеми, густини робочої рідини, часу відкриття та закриття регулювальних клапанів та показників їх конструктивних характеристик, інших параметрів гідроліній тощо.

У випадку невиконання умов алгоритму та зменшеної величини поточного тиску в силовому циліндрі у порівнянні з розрахунковим, системою автоматичного керування діють на засоби регулювання і контролю регулювального клапана зворотних циліндрів, змінюючи його опір та час відкриття.

ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОКООРДИНАТНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

*Косов М.О., аспірант, Косов І.О., аспірант,
Іванов В.О., канд. техн. наук, доцент,
Залога В.О., докт. техн. наук, професор,
Дегтярьов І.М., канд. техн. наук, ст. викл.,
Павленко І.В., канд. техн. наук, доцент
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

Метою сучасного машинобудування є автоматизація виробничих процесів, впровадження сучасних прогресивних методів виробництва, що реалізується шляхом використання новітнього обладнання, такого як: металорізальні верстати, промислові роботи, автоматизовані верстати та контрольно-вимірювальні пристрої. Це сприяє зменшенню виробничого циклу виготовлення деталей завдяки інтенсифікації процесів механічної обробки.

Проаналізовано деталі складної форми, які становлять значну частку у загальному обсязі номенклатури деталей машинобудування. Проведено роботу з вдосконалення технології виготовлення деталей типу важіль, вилка та шатун. Розроблено класифікацію зазначених деталей за конструкторсько-технологічними характеристиками, що дозволяє виявити

групи деталей зі схожими ознаками. У роботі запропоновано новий підхід до проектування технологічних процесів, що базується на принципі інтенсифікації, конструкторсько-технологічних особливостях деталей, функціонально-технологічних можливостях сучасного металорізального обладнання та верстатних пристроїв і дозволяє скорочення витрат часу та засобів технологічного оснащення, при цьому забезпечує задану точність обробки та підвищення ступеня гнучкості верстатних пристроїв. Запропоновано та запатентовано нові конструкції верстатних пристроїв, що забезпечують багатокоординатну обробку деталей типу важелів, вилок та шатунів. Особливістю розроблених конструкцій верстатних пристроїв є можливість установа заготовок у певному діапазоні розмірів, переналагоджування установлювальних і затискних елементів.

Доведено, що підвищення гнучкості верстатних пристроїв не призводить до погіршення точнісних показників, а максимальні значення отриманих показників не перевищують граничних значень. Встановлено чисельними розрахунками та експериментально підтверджено, що запропоновані верстатні пристрої забезпечують точність обробки на рівні зі спеціальними верстатними пристроями. При цьому переміщення, які виникають на всіх переходах механічної обробки у верстатних пристроях типового технологічного процесу у середньому на 0,01–0,05 мм більші, а точність міжцентрових відстаней нижча на 0,02 мм, ніж у запропонованих верстатних пристроях, що досягається завдяки обробці за один установ. Модальний аналіз показав, що при обробці у запропонованих верстатних пристроях резонансні частоти не виникають, а амплітуди коливань – менші у середньому на 0,01–0,02 мм порівняно з верстатними пристроями типового технологічного процесу. Розрахунок трудомісткості обробки свідчить про значне скорочення витрат допоміжного та підготовчо-заключного часу.

Перспективним є напрямок розробки методу переналагодження установлювальних і затискних елементів верстатних пристроїв, що здійснюється у автоматизованому режимі за командою системи ЧПК верстата. Це дозволить підвищити ефективність використання металорізального обладнання при обробці деталей в умовах багатомономенклатурного виробництва.

ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА

*Котенко О.А., магістрант, Березна О.В., к.т.н., доцент
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна*

Одним з найважливіших енергетичних комплексів, що впливають на економіку України, є вугільна промисловість. Однією з умов ефективності вугільних шахт є високий рівень механізації і автоматизації ведення

гірських робіт. Це можливо лише із застосуванням прохідницьких комбайнів з високими показниками безвідмовності і довговічності.

При руйнуванні забою виконавчим органом прохідницького комбайна відбувається безперервний знос різців, який призводить до зміни їх форми і конструктивних параметрів, що веде до зростання питомих енерговитрат руйнування вибою, великим динамічним навантаженням (ударам), та до зниження теоретичної продуктивності машини.

Одним з видів підвищення зносостійкості та відновлення різців є електроконтактне плакування. Суть методу електроконтактного плакування полягає в контактному зварюванні зносостійкого матеріалу (спеченої стрічки) з різцем, що зміцнюється при пропусценні перемінного струму в імпульсному режимі на електрозварювальній машині (рис. 1).

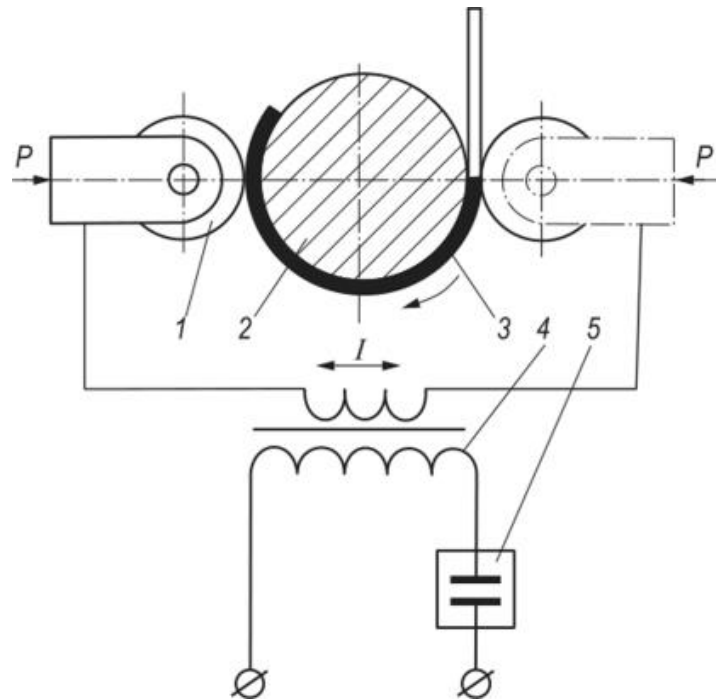


Рисунок 1 – Схема електроконтактного плакування різця зносостійкими матеріалами

Різець (2) і стрічку (3) попередньо встановлюють між притисним і провідним електрод-ролик, підключеними до зварювального трансформатора (4) електрозварювальної машини, стрічку подають з касети через направляючу. Пакет з стрічки і різця здавлюють електродами-роликми (1) за допомогою пневматичного механізму машини з тиском 200 – 600 МПа; потім включається привід ролика, переривник зварювального струму (5) і через пакет пропускаються імпульси зварювального струму, що нагрівають зону зварювання до температури 800 – 1600°C.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

***Котляр А.В., канд.техн.наук, доцент, Басова Е.В., канд.техн.наук,
Иванова М.С., канд.техн.наук, Панамарева О.Б., канд.техн.наук,
Василевский Ю.В., магистрант***

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина*

Современное машиностроение характеризуется повышением требований к обеспечению качества и точности изготовления ответственных деталей машин. Коленчатый вал считается одной из самых ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС) так как решает задачу преобразования поступательного движения от поршней в крутящий момент. Этот элемент кривошипно-шатунного механизма является конструктивно и технологически сложной деталью. Поэтому вопросы повышения эффективности изготовления таких валов с целью обеспечения их надежности и эксплуатационных показателей являются приоритетными в современном производстве ДВС. Использование возможностей современных специальных шлифовальных станков позволяет повысить качество обработки и получить необходимые технологические характеристики коленчатых валов.

Целью наших исследований является разработка методов расчета жесткости коленчатых валов, с целью повышения их надежности и эксплуатационных показателей, а также обеспечения заданной точности механообработки.

Известно, что шатунные шейки, а также перемычки, соединяющие их с коренными шейками, имеют эксцентриситет по отношению к осям коренных шеек и вала в целом. При этом их неуравновешенные массы будут вызывать существенные динамические нагрузки при шлифовании. Поэтому для исследования динамической системы представляет интерес значение жесткости такого коленчатого вала. При решении задачи приложений нагрузки для определения деформаций в ступенчатых деталях было принято решение применить видоизмененный метод начальных параметров. На основании предлагаемой методики проведены численные расчеты и обоснована возможность определения прогибов и жесткости коленчатых валов в любом сечении. На базе полученных результатов имитационного моделирования построена круглограмма деформации поперечного сечения шейки коленчатого вала вследствие действия силы резания. Были определены наиболее опасные, с точки зрения показателя точности формы, места шатунных шеек. Установлено, что в зависимости от угла поворота коленчатого вала при шлифовании величина его деформации изменяется в 1,5 раза, тем самым это непосредственно сказывается на точности формы обрабатываемых шеек.

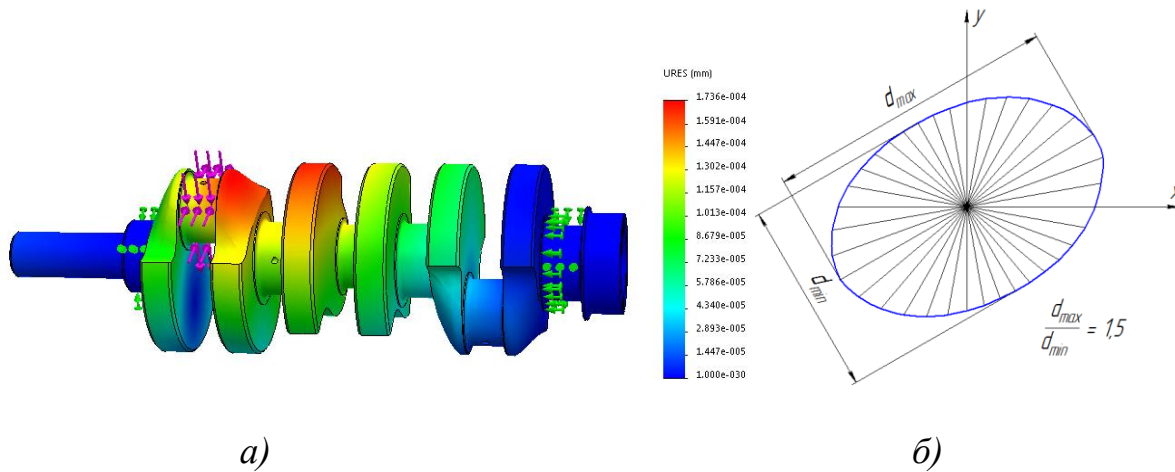


Рисунок 1 – Исследуемая модель коленчатого вала:

а) параметрический анализ модели;

б) круглограмма деформации поперечного сечения шатунной шейки

ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ НА ПОЛОЖЕННЯ ПЛОЩИНИ ЗСУВУ ПРИ ТОЧІННІ

Кривий П. Д., канд. техн. наук, професор,

Крупа В. В., канд.техн. наук,

Мацюрак А. О., студент

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

Проаналізовано літературні джерела [1 - 4], в яких положення площини зсуву визначається кутом θ за формулою І. А. Тіме, яка має вигляд $\theta = \arctg \cdot \cos\gamma / K_L - \sin\gamma$, де γ – передній кут, а K_L – коефіцієнт усадки стружки. За твердженням Воронцова А. Л., Боброва В. Ф. вище подана формула забезпечує точність результату.

Врахувавши, що величина K_L випадкова з нормальним законом розподілу і на утворення стружки діє цілий ряд факторів, та граничну теорему Ляпунова, прийнято гіпотезу про нормальний характер розподілу величини θ . Цю гіпотезу підтверджено критерієм Колмогорова.

Суттєвість впливу зміни подачі $\Delta S = S_i - S_{i-1}$ на середнє значення кута $\bar{\theta}$ перевіряли за критерієм Стьюдента - t''_K , а вплив ΔS на дисперсії – за критерієм Фішера F'' .

Отримані результати подані у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення характеристик розсіювання кута θ положення площини зсуву (середнє значення $\bar{\theta}$ та дисперсії $D_{(K)}$ і критеріїв суттєвої відмінності t''_K , F'' і відповідних значень $P''(t_K)$ і $F''_{\text{табл.}}$)

№ п/п	Паспортні значення подач S_i мм/об	$\bar{\theta}$ (град.)	$D(\theta)$ (град.)	t''_K	$D''(t_K)$	(+) (-)	F''	$F''_{\text{табл.}}$	(+) (-)
1	0.060	20.32	2.03	3.44	0	(+) (-)	1.35	1.8	(-)
2	0.090	22.31	1.55	6.11			1.03		(-)
3	0.125	22.14	2.28	5.06			1.57		(-)
4	0.175	23.30	1.62	9.11			1.08		(-)
5	0.250	25.50	4.60	11.57			3.06.		(+)
6	0.350	26.53	3.97	14.62			2.67		(+)
7	0.500	29.28	9.38	15.02			6.25.		(+)
8	0.700	31.32	4.97	23.93			3.31.		(+)

(+) – суттєва відмінність; (-) – несуттєва відмінність

Висновок: Аналіз отриманих результатів показав, що із збільшенням подачі середнє значення кута зсуву θ збільшується, у той час як така зміна подачі на суттєвість відмінності дисперсії в інтервалі $0.060 \text{ мм/об} \leq S \leq 0.175 \text{ мм/об}$ не впливає, а при $S \geq 0.250 \text{ мм/об}$ відмінність дисперсії суттєва.

Список посилань

1. Бобров В.Ф., Основы теории резания металлов: учебник [Текст] / В. Ф. Бобров, - М.: Машиностроение, 1975. - 344 с.
2. Воронцов А. Л. Разработка новых теорий резания. 2. Состояние вопроса / А. Л. Воронцов, Н. М. Суллиман-Заде, А. Ю. Албачаев. // Вестник машиностроения, 2008, №2 – с. 56-66.
3. Вульф А. М., Резание металлов [Текст] / А. М. Вульф, Л.: Машиностроение, 1973. – 496с.
4. Филоненко С. Н., Резание металлов. [Текст] / С. Н. Филоненко, К.: Вища школа, 1969. - 260с.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ НА СТРУКТУРНУ СТАБІЛЬНІСТЬ СУБМІКРОКРИСТАЛІЧНОГО ТЕХНІЧНО ЧИСТОГО АЛЮМІНІЮ

Кривошанка Н. В., магістр,

Симонова А. А., канд. техн. наук, доцент

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна*

Алюміній і його сплави знаходять широке застосування в якості конструкційних матеріалів в автомобілебудуванні, авіабудуванні,

машинобудуванні, промислового й цивільного будівництва. Останнім часом усе більша увага приділяється методам покращення фізико-механічних характеристик металів і сплавів, заснованих на застосуванні інтенсивної пластичної деформації. У результаті деформаційного впливу на метал із крупнокристалічною структурою відбувається здрібнювання зерна, зі збільшенням ступеня деформації досягаються субмікроструктурна СМК (от 100 нм до 1 мкм) і нанокристалічна НК (до 100 нм) структура. Застосування методів інтенсивної пластичної деформації дозволяє підвищити мікротвердість СМК алюмінію більш ніж в 2 рази в порівнянні з металом із крупнокристалічною (КК) структурою, приводить до істотного зростання меж міцності й плинності (в 2,4 і ~10 раз, відповідно), зниженню рівня деформації до руйнування в ~2,7 рази [1-2].

У багатьох роботах [3-5] зазначена проблема стабільності об'ємних наноструктурованих матеріалів, у зв'язку і тим, що вони перебувають у не рівноважному стані й, дотримуючись законів термодинаміки, прагнуть до рівноважного стану, тобто руйнуванню наноструктури, а виходить, втрачають здобуті властивості.

Зокрема в роботі [5] наведено результати впливу процесу відпалу на структуру та властивості технічного алюмінію АД1, отриманого деформацією крутіння. У вихідному стані зразок мав розмір зерна 220 ± 60 мкм, після операції крутіння розмір зерна суттєво знизився до $0,7 \pm 0,2$ мкм, подальший відпал субмікроструктурного зразка впродовж 1 год., при $T=200^\circ\text{C}$ привів до початку процесу рекристалізації та зростання розміру зерна до $2,4 \pm 0,6$ мкм. Збільшення розміру зерна в результаті термічної обробки привело до повернення значень фізико-механічних властивостей до рівня вихідного зразка з крупнокристалічною структурою [5].

При виготовленні виробів, що використовуються у різних галузях промисловості, як правило, застосовують механічну обробку. Механічна обробка супроводжується значними пластичними деформаціями та високою температурою різання. Ці фактори можуть стати причинами структурних змін у субмікро- та нанокристалічних металах та, як наслідок, спровокувати зниження початкових фізико-механічних властивостей.

Метою роботи є вивчення впливу умов механічної обробки на структуру технічно чистого алюмінію, отриманого методом усебічного кування.

В якості досліджуваного матеріалу обрано технічно чистий алюміній АД1 (Al - 99,3%, Fe – 0,3%, Si – 0,3%, Zn – 0,1%, Ti – 0,15%, інші домішки до 0,05%). Вихідний крупнокристалічний зразок – у формі поставки круглий пруток без термообробки діаметром 50 мм, довжиною 240 мм. Отримання заготовок із субмікроструктурною структурою проводилось методом інтенсивної пластичної деформації, зокрема, методом усебічного кування [4].

Для механічної обробки використовували токарні прохідні різці з швидкорізальної сталі Р18. Дослідження проводились на токарному

верстаті з ЧПК 16Б16Ф1С1. Обробка зразків здійснювалась з постійною глибиною різання $t = 0,5$ мм, подачею $s = 0,2 \div 0,6$ мм/об. Швидкість різання змінювалась у межах можливостей верстата $v = 30 \dots 160$ м/хв.

Температура різання вимірювалась методом природної термопар.

Результати виміру температури в зоні різання наведено на рис. 1

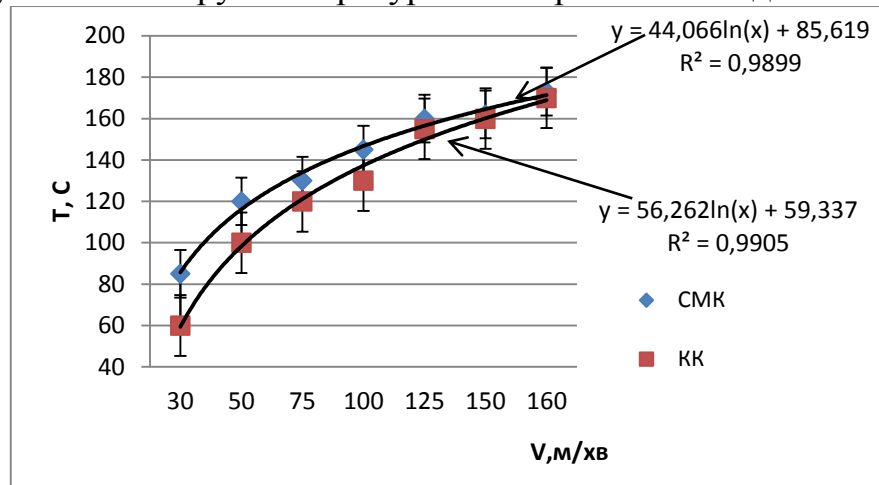


Рисунок 1 – Залежність температури різання від швидкості різання

Аналіз отриманих результатів показав, що різниця між температурами в зоні різання існує тільки в діапазоні низьких швидкостей різання. Це можна пояснити значним підвищенням твердості та міцності алюмінію в субмікросталічному стані [3]. Підвищення швидкості різання до 150 м/хв зумовлює зниження характеристик міцності, що викликано структурними змінами металу під впливом температурного чинника, у результаті чого температура різання субмікросталічного та крупнокристалічного алюмінію монотонно наближуються до рівного значення. Отримані результати корелюються з результатами наведеними в роботі [7] для технічно чистих титану та міді.

Як відомо обробку алюмінію та сплавів на його основі проводять в діапазонах високих швидкостей, що може викликати інтенсивніший процес рекристалізації в структурі субмікросталічного алюмінію та призвести до нівелювання високих фізико-механічних властивостей.

Для подальших досліджень планується розробити скінчено-елементну модель, що дозволить розрахувати накопичення тепла в оброблюваній заготовці.

Список посилань

1. Valiev, R.Z. A nanostructural design to produce high-strength Al alloys with enhanced electrical conductivity [Text] / R.Z. Valiev, M.Y. Murashkin, I. Sabirov // Scripta Materialia. - 2014. - Vol. 76. - P. 13-16.
2. Хафизова, Э.Д. Исследование структуры УМЗ алюминиевых композитов [Текст] / Э.Д. Хафизова, К.М. Нестеров, А.В. Ганеев и др. // Письма о материалах. – 2013. – Т. 3. – С. 304 – 308.
3. Колобов, Ю.Р. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов [Текст] / Ю.Р. Колобов, Р.З. Валиев, Г.П. Грабовецкая и др. – Новосибирск: Наука, 2001. – 232 с.

4. Валиев, Р.З. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства [Текст] / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 386 с.

5. Семенов, Б.Н. Влияние термообработки на механические свойства ультрамелкозернистого алюминия [Текст] / Б.Н. Семенов, И.В. Смирнов, Ю.В. Судьенков и др. // Materials Physics and Mechanics. – 2015. – № 24. – С. 319 – 324.

6. Грабченко А.И. Резание металлов с объемной нано - и субмикроструктурной структурой / А.И. Грабченко, Дж. Каптай, А.А. Симонова и др. – Харьков: Издательство «Точка», 2012. – 217с.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ МЕТОДУ ЗУБОХОНІНГУВАННЯ

Кривошея А. В., канд. техн. наук, старший науковий співробітник

Інститут надтвердих матеріалів НАН України, м. Київ Україна,

Воронцов Б.С., докт. техн. наук, професор,

Константиненко Д.О., магістрант, Шубін Ю.Є., магістрант

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Використання традиційних методів зубохонінгування циліндричних зубчастих коліс після термообробки дисковими зубчастими хонами, у тому числі й алмазними еластичними, часто не відповідає вимогам сучасного машинобудування [1,2].

Для удосконалення процесу зубохонінгування алмазними черв'ячними еластичними хонами були проведені дослідження в лабораторних умовах відділу № 20 ІНМ НАН України за допомогою горизонтально-фрезерного станка моделі 6М82Ш, з використанням спеціального пристрою, що забезпечує пружній зв'язок в парі інструмент - деталь (рис.1).

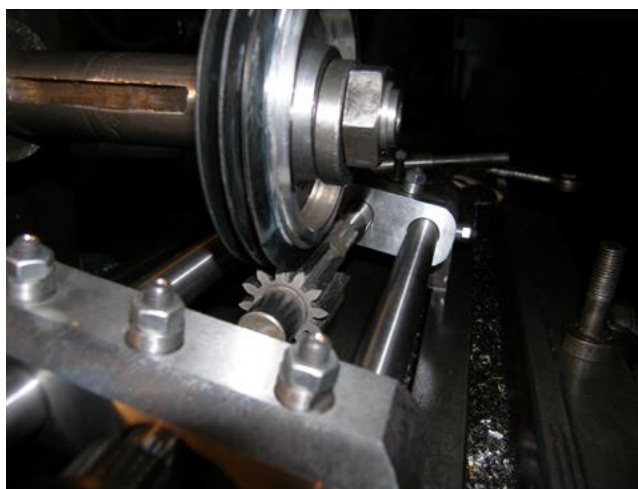


Рисунок 1 – Стенд для дослідження процесу зубохонінгування алмазними черв'ячними еластичними хонами

Результати лабораторних досліджень показали перспективність зубохонінгування алмазними еластичними черв'ячними хонами в цілях підвищення якості циліндричних зубчастих передач. Для впровадження на машинобудівних підприємствах удосконаленого методу зубохонінгування випробування необхідно продовжити в виробничих умовах.

Список посилань

1. Кривошея А.В. Совершенствование обобщенной унифицированной математической модели формообразования и обработки зубчатых колес / А.В. Кривошея, Ю.М. Данильченко, М.Г. Сторчак, В.Е. Мельник // «Оборудование и инструмент для профессионалов». –№ 4 (127). – 2010. – С. 46-51.

2. Сторчак М.Г. Синтез технических систем для отделочной обработки зубчатых колес: дис. доктора техн. наук / М.Г. Сторчак. - Киев, 1994. - 466 с.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗУБОХОНІНГУВАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АЛМАЗНИХ ЕЛАСТИЧНИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ХОНІВ

Кривошея А. В., канд. техн. наук, старший науковий співробітник

Інститут надтвердих матеріалів НАН України, м. Київ Україна,

Воронцов Б.С., докт. техн. наук, професор,

Куник І.І., магістрант, Савченко О.Ю., магістрант

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Основною функцією зубохонінгування є зняття дефектного шару після термообробки та забезпечення необхідних параметрів шорсткості при тій же практичній точності. [1,2]. Як показують результати проведених раніше в Інституті надтвердих матеріалів (ІНМ) НАН України теоретичні дослідження, усунути зазначені недоліки зубохонінгування можна за допомогою черв'ячних хонів [1].

Таким чином, дослідження та впровадження зубохонінгування циліндричних зубчастих коліс алмазними еластичними черв'ячними хонами актуальні для вітчизняного машинобудування.

В ІСМ НАН України були розроблені та виготовлені алмазні еластичні черв'ячні хони з профілем архімедова черв'яка та точковим контактом в парі інструмент - деталь (рис.1).



Рисунок 1 – Алмазний еластичний черв'ячний хон з профілем архимедова черв'яка

При використанні більш жорсткої еластичної зв'язки (ВЗ-20 по СТП 90.468-86) забезпечується підвищена стійкість алмазного черв'ячного хону, та при оптимальних режимах обробки - видалення дефектного шару, зниження параметрів шорсткості з $Ra = 0,35-0,4$ мкм., до $Ra = 0,1-0,15$ мкм.

Список посилань

1. Сторчак М.Г. Синтез технических систем для отделочной обработки зубчатых колес: дис. доктора техн. наук / М.Г. Сторчак. - Киев, 1994. - 466 с.
2. Производство зубчатых колес: [Справочник под общей редакцией Б.А.Тайца. 3-е изд. перераб. и дополн.]. - М.: Машиностроение, 1990. - 464 с.

ВПЛИВ СТАБІЛЬНОСТІ МАШИННОГО ЧАСУ НА ПОТРЕБУ В МІЖОПЕРАЦІЙНОМУ НАКОПИЧУВАЧІ

*Кришук А.С., студент, Медведєв В.В., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

У зв'язку з тим що, при створенні гнучких автоматизованих виробництв з'являються нові задачі по автоматизації міжопераційних транспортно-складальних робіт з обмеженою участю людини, механізація та автоматизація завантажувальні-розвантажувальні робіт значно ускладнилось. Це спровокувало створення нових і вдосконалення маючих видів транспорту систем, виконуючих автоматизоване адресоване розподілення вантажу завдяки накопичувальним системам, загальну призначенням яких являється проміжне складування матеріалу, напівфабрикату та виробів між технологічними операціями; промислових

роботів, виконуючі автоматизоване завантаження або розвантаження; вдосконалення автоматизованих систем управління всіх рівнів з використанням мікропроцесорів і електронно-обчислювальної техніки; запровадження нових сучасних технологічних процесів транспортування.

Ціль створення автоматизованих транспортних накопичувальних систем складається в забезпеченні ефективної роботи виробництв за рахунок раціональної організації транспортних потоків. Виходячи з загальної цілі автоматизовані транспортно-накопичувальні системи призначені для зменшення часу транспортування деталей між операціями.

Основна частина. Для оцінки необхідності використання міжопераційних накопичувачів крім іншого застосовують імітаційне моделювання. При моделюванні фіксують значення машинного часу обробки. При цьому не враховується можливі відхилення часу від деталі до деталі. У реальному виробництві такі відхилення можуть бути пов'язані з вибірковими контролюями розмірів деталі на верстаті, підналагодження верстата, обслуговування, несподіваними поломками інструменту, використання динамічних режимів різання. Для оцінки необхідності обліку цих параметрів в програмному середовищі Plant Simulation була розроблена модель дільниці, представлені на рис. 1.

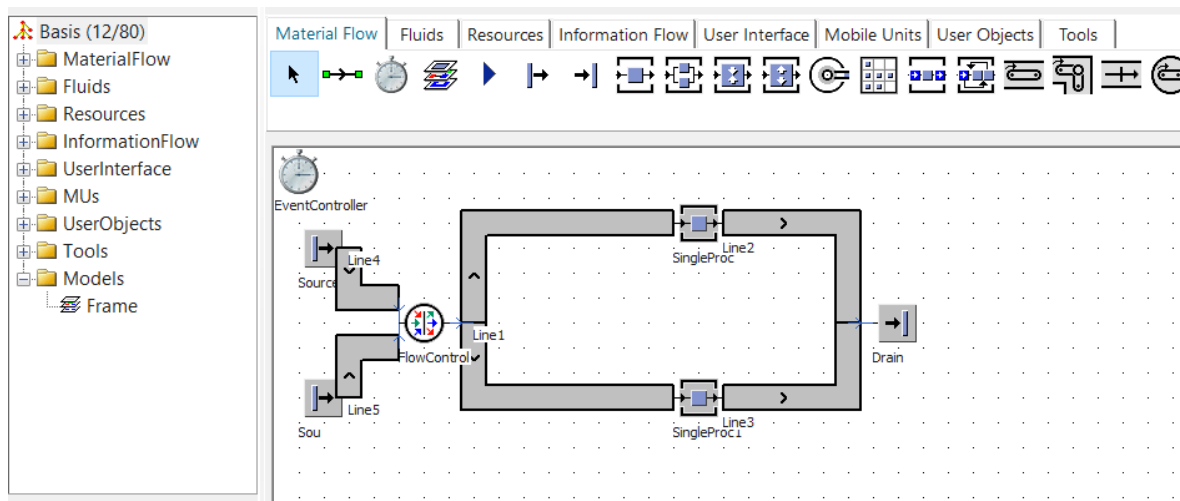


Рисунок 1 – Схема дільниці з двома обробляючими центрами

У дільниці дві завантажувальні позиції Source видають із заданою періодичністю дві різні заготовки. При цьому період появи перших заготовок варіюється в межах від 1 до 6 хвилин, а другі заготовки завжди завантажуються з періодом 3,5 хвилини. Заготовки надходять на розподільного пристрою Flow Control. Пристрій розподіляє заготовки за двома обробляють центрам в залежності від величини черги перед ними. Міжопераційні накопичувачі імітуються довгими лініями Line1 з нульовим часом доставки. Готові деталі через транспортні лінії Line2 і Line3 надходять на склад готових виробів Drain. Лінія Line1 має довжину 11

метрів і при довжині пристосування-супутника з деталлю 1,2м. вміщує в себе максимум 9 позиції.

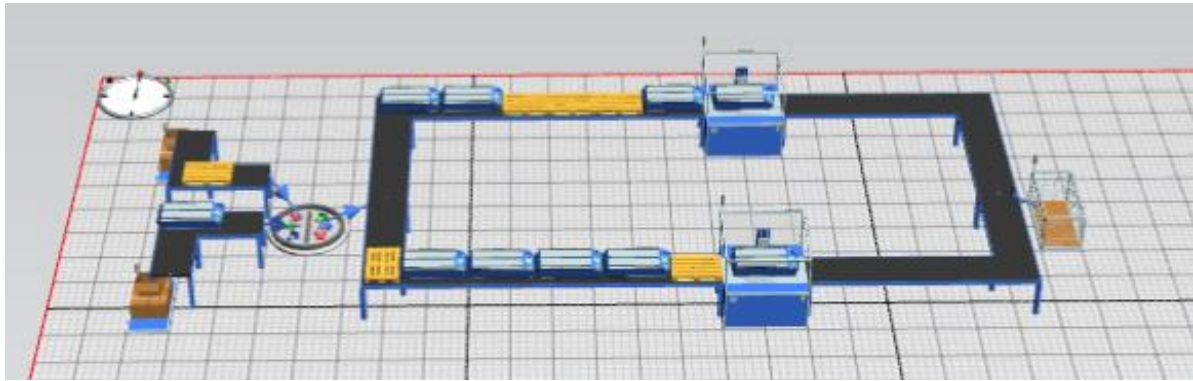


Рисунок 2 – Деталі на міжопераційних накопичувачах

Як впливає з рис.2, будь-який з обробних центрів може обробляти дві різні деталі, відмічені блакитним і жовтим кольорами. Час обробки будь-якої деталі 3 хвилини вибрано з розрахунку, щоб якщо не працює завантажувальна позиція Source1, то ділянка не потребує накопичувачі.

Для оцінки впливу нестабільності часу обробки на кожному SingleProc було введено випадковий розподіл за нормальним законом розподілу. При цьому σ змінювалася від 0,1 до 4. Результати завантаження накопичувачів у відсотках дані на рис.3.

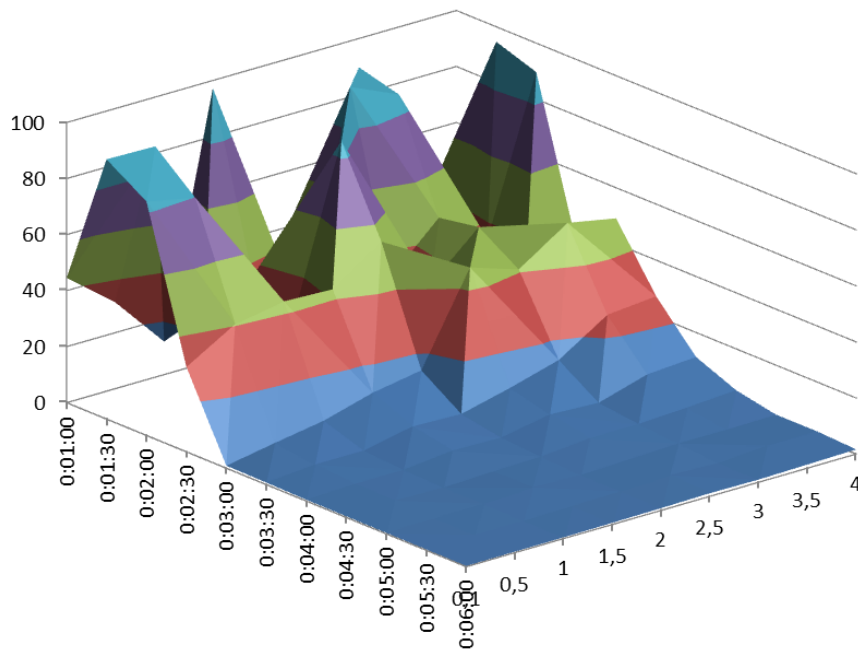


Рисунок 3 – Завантаження накопичувачів в залежності від періоду з'явилися другої деталі та σ стабільності часу обробки

Висновки. З графіка на рис.3. видно, що σ стабільності годині обробки впливає на результати моделювання тільки при величинах більше 1,5. Так само було виявлено, що при стабільному часу обробки ($\sigma = 0,1$) ділянка не потребує міжопераційних накопичувачах більших, ніж на понад одну позицію аж до періоду появи деталей 2:45 хвилини. При високій нестабільності ($\sigma = 4$) цей показник погіршується до 3:45 хвилини.

Таким чином, в при імітаційному моделюванні в більшості випадків можливе нехтувати нестабільністю часу обробки деталі.

Список посилань

1. Хватов Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчёт и проектирование / Учебное пособие – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007 - 112 с.
2. Любимов В.И. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства : методическое пособие / В.И.Любимов, К.Е.Белявин - Минск: БНТУ, 2012 – 199 с. ил.
3. Козырев Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник: справочное издание / Ю. Г. Козырев. - М.: Кнорус, 2015. – 364 с.

ПАРАМЕТРИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ПРИ РОЗРОБЦІ КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ В СИСТЕМІ T-FLEX PLM+

Кіяновський М.В., докт. техн. наук, професор,

Бондар О.В., канд. техн. наук, доцент,

Деміда Н.В., студент гр. ТМ-18-1м

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

Розробка керуючих програм (КП) є одним з найважливіших етапів при технологічній підготовці виробництва. Найбільшу складність представляють собою групові деталі, що відрізняються єдністю конструкції при різних розмірах (наприклад, болти однакової форми, але з різними розмірами; з'єднувальні муфти однакової конструкції, але для різних діаметрів валів, які з'єднуються), подібністю конструкції при різній конфігурації деяких складових частин або конструктивних елементів, а також при різному розташуванні або різній кількості однакових складових частин або конструктивних елементів (наприклад, ключі з різною конфігурацією зубів для різних замків; комплекти і комплекси з деякими відмінностями в номенклатурі і кількості складових частин). З цим завданням успішно справляється система T-FLEX ЧПК, одна з систем комплексу T-FLEX PLM+.

T-FLEX PLM + – повномасштабне рішення в галузі управління життєвим циклом виробів і організації діяльності підприємств. Набір програм T-FLEX CAD / CAM / CAE / CAPP / PDM / CRM, що лежить в його основі, дозволяє ефективно організувати роботу на всіх етапах життєвого циклу виробу, а також розширити стандартні межі PLM-рішень додатковими можливостями по управлінню всіма процесами, супутніми

випуску продукції. Комплекс програм системи дає можливість організувати єдине середовище конструкторського і технологічного документообігу, проектування і підготовки виробництва. Користувачі отримують широкі можливості по управлінню номенклатурою і структурами виробів, автоматизації будь-яких бізнес-процесів підприємства, а також інструменти інтеграції з різними ERP-системами, що дозволяє забезпечити чітку взаємодію всіх співробітників [1].

Розширені функції (PLM +) дозволяють керувати проектами і планувати ресурси, вести повноцінний канцелярський документообіг і адмініструвати взаємовідносини з клієнтами. Повна відкритість платформи T-FLEX забезпечує необмежені можливості по розширенню комплексу та створення власних інформаційних систем в рамках єдиного інформаційного простору підприємства.

Слід зазначити, що в системі T-FLEX CAD реалізовано відразу два механізми параметризації – проектування на основі історії побудов та варіаційне проектування. Обидві технології можна комбінувати в одній моделі і навіть на одній сторінці, використовуючи при цьому єдині додаткові інструменти параметризації: змінні і вирази, бази даних, діалоги користувача, параметричні і адаптивні фрагменти.

T-FLEX PLM+ містить в собі унікальне параметричне ядро, що дозволяє забезпечити наскрізну параметризацію – від розробки до виготовлення виробу. Таке рішення дає можливість істотно скоротити час на виготовлення виробів.

T-FLEX ЧПК, вбудована в систему автоматизованого проектування T-FLEX CAD, дозволяє здійснити прямі коригування КП при зміні геометрії 3D-моделі деталі. Параметрична ідеологія побудови системи T-FLEX в області технологічного проектування дозволяє одержати важливу перевагу: при параметричній зміні вихідної моделі деталі, яка розроблялась на етапі конструювання, відбувається автоматична зміна розрахованої траєкторії обробки і отриманої за цією траєкторії КП. Це дозволяє значно зменшити час розробки КП для деталей, що мають під собою параметричну основу.

Складні деталі з великою кількістю можливих параметрів може мати значну кількість варіантів виконань. Відповідно під кожне таке виконання повинні розроблятися свої КП, на підготовку яких можуть знадобитися величезні часові витрати.

T-FLEX ЧПК у поєднанні з T-FLEX CAD дозволяє отримувати КП в автоматичному режимі після будь-якої зміни зазначених параметрів в ході оновлення 3D-моделі. Це забезпечує значну економію часу за рахунок виключення ручного вибору геометричних елементів, які необхідно змінити. Такий принцип роботи дає можливість в найкоротші терміни згенерувати потрібну КП під будь-яке виконання деталі.

За рахунок оптимізованої параметричної системи відбувається швидкий перерахунок моделі і, відповідно, траєкторій обробки, що

спираються на геометрію моделі. Цей важливий фактор також впливає на швидкість отримання КП.

Безпосередньо в ході розробки траєкторій для керуючих програм необхідно вибрати елементи моделі (межі, ребра, поверхні, вузли), як і в інших САМ-модулях. Система T-FLEX ЧПК крім простого вибору елементів дозволяє користуватися більшістю інструментів, наявних в арсеналі T-FLEX CAD: 3D-вузли, локальні системи координат, площини, 3D-профілі, 3D-шлях та інше. Крім того, в процесі створення траєкторій обробки необхідно враховувати правильність вибору елементів. Слід врахувати, що при зміні параметрів можуть зникнути або з'явитися нові грані, ребра або поверхні деталі. Це спричинить за собою втрату елемента, на основі якого будується та чи інша траєкторія обробки, що, в свою чергу, призведе до некоректної КП, і, в подальшому, до браку.

Особливості варіаційного проектування такі: положення геометричного елемента можна задати або змінити в будь-який момент за допомогою обмежень; допустимі циклічні зв'язки між елементами; модель може бути не повністю визначеною, що з одного боку дозволяє зручно її модифікувати, але з іншого може призводити до непередбачуваних результатів при параметричних змінах; перерахунок моделі вимагає спеціалізованого розрахунку системи обмежень, що локалізує розмірність моделі і швидкість обчислень; не вимагає використання ліній побудови, а залежності накладаються за допомогою обмежень і керуючих розмірів; змінні використовуються в якості значень керуючих розмірів, а також для зменшення обмежень і керуючих розмірів з метою якісних змін у схемі параметризації [2].

Новий механізм варіаційної параметризації не перебуває у суперечності з механізмом параметризації на основі історії побудов, який застосовується в T-FLEX CAD. Він є доповненням існуючого механізму, що дозволяє: зручно вирішувати параметричні завдання певного класу, в тому числі, в ситуаціях неповної визначеності завдання на початковому етапі; працювати в звичному стилі користувачам, які користувалися іншими системами; відмовитися від роботи з лініями побудови тим, хто, з яких-небудь причин, не хоче їх використовувати.

Таким чином, параметризація і спільна робота зі структурами даних в T-FLEX ЧПК є універсальним і гнучким інструментом для побудови багатьох типових механічних обробок. Єдине параметричне ядро T-FLEX PLM+ дозволяє спростити роботу і знизити час на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва виробів, які мають велику кількість виконань. Застосування відразу двох механізмів параметризації, які можуть бути використані одночасно в рамках одного проекту, надає користувачам максимальний рівень гнучкості в плані використання тих чи інших параметричних інструментів з урахуванням нюансів реалізації конкретних проектів та особистих уподобань.

Список посилань

1. САПР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tflex.ru/plm/>
2. T-FLEX CAD 16. Новые возможности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tflex.ru/downloads/T-FLEX%20CAD%2016%20Release%20Notes.pdf>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК

Лещук Р.Я., канд. техн. наук, доцент,

Кашуба Н.П., асистент, Свистун П.А., студент

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

Обробка нежорстких поверхонь заготовок, до яких відносяться деталі типу «тіло обертання», пов'язано із надзвичайно складними ударними та формотвірними процесами взаємодії різця та нежорсткої поверхні заготовки, і для таких випадків побудова повної досліджувальної математичної моделі, яка включала б всі фази динамічного процесу різання із формалізованим описом процесу ударного руйнування матеріалу, що відбувається за таких умов є проблематичною.

Процес обробки (точіння, розточування) поверхні маложорсткої або нежорсткої заготовки характеризується перервним точінням із значними динамічними навантаженнями, які виникають у елементах конструкції верстату, різцетримача, інструменту (різця) та оброблюваної деталі (нежорсткої деталі). Наявність вказаних навантажень значно погіршує процес оброблення, якість та точність внутрішньої поверхні, негативно впливає на стійкість інструменту.

Для запису математичної моделі процесу обробки задаємо припущення:

- деформації системи вважаємо пружними, а зведені жорсткості елементів – лінійними;
- зусилля різання в тангенційному та радіальному напрямках вважаємо прямопропорційними глибині різання;
- швидкість обертання пристрою для закріплення нежорсткої деталі вважаємо постійною;
- деформацією згину пристрою для закріплення нежорсткої заготовки нехтуємо;
- демпфуванням у системі нехтуємо внаслідок короткочасності ударного процесу різання;
- на ділянках врізання інструменту та його виходу глибина різання лінійно змінюється.

Розроблена система диференціальних рівнянь описує процес перервного точіння або розточування нежорстких заготовок, рух окремих складових системи та динамічні зусилля, які при цьому виникають. Для її

розв'язку необхідно задати початкові умови. Очевидно, що перед початком різання різцетримач знаходиться у вільному стані, тому його координати нульові, так само як і відповідні швидкості. Координату нежорсткої заготовки зручно відраховувати від моменту контакту, тому її початкове значення також є нульовим, а швидкість у цей момент дорівнює швидкості обертання пристрою для закріплення нежорсткої заготовки (швидкості різання).

Розв'язок системи рівнянь можна здійснити аналітичним методом, розділивши процес обчислень на окремі етапи, на кожному з яких характеристики системи незмінні, та контролюючи зміну структурного стану системи із зміною глибини різання, кожен раз розв'язуючи одержану систему рівнянь з новими початковими умовами.

Для практичного аналізу зручно застосувати стандартний чисельний метод інтегрування системи диференціальних рівнянь, наприклад, метод Рунге – Кутта. Для цього систему необхідно звести до системи диференціальних рівнянь першого порядку, виконавши очевидні перетворення для заміни змінних.

Аналіз результатів показує, що динамічні зусилля у пружних елементах різцетримача не мають таких різких коливних навантажень за рахунок значної інерційності його маси, хоча максимальні навантаження приблизно відповідають максимальним силам різання. Тангенційні зусилля спочатку різко збільшуються, а потім так само різко зменшуються. Динамічні зусилля обернено протилежно зміні тангенційних зусиль.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ СИНТЕЗУ ЗАТИСКНИХ ПАТРОНІВ

*Литвин О.В., канд. тех. наук, доцент,
Ящук І.Р., аспірант*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Стрімкий розвиток технологій стимулює науково-технічний прогрес, що у свою чергу породжує нові виклики щодо оптимізації та створення нових, більш ефективних методів пошуку технічних рішень (ТР) у машинобудуванні.

Так, у сфері верстатобудування на перший план висуваються завдання розробки нових і модернізації існуючих засобів верстатного оснащення. Це ставить нові, креативні завдання перед машинобудівними підприємствами, науково-дослідними центрами та іншими проектними фірмами по створенню та вдосконаленню існуючого верстатного обладнання.

Для синтезу оптимальних структур затискних патронів (ЗП) найбільш адаптовані і застосовні евристичні, зокрема морфологічні

методи. Застосування методів морфологічного аналізу і синтезу, в більшості випадків, здійснюється на початкових етапах проектування для конструювання нових ефективних конструкторських і технологічних рішень. Процедури, основані на морфологічному дослідженні, дозволяють цілеспрямовано, планомірно закладати в морфологічні таблиці (табл.1) безліч множин альтернатив (включаючи невідомі), які реалізують функції або елементи системи, з яких синтезуються велика кількість варіантів реалізації.

Таблиця 1 – Типовий вигляд морфологічної таблиці

Функція підсистеми (елемент), Φ_n	Альтернатива для реалізації, A_{nk}	Кількість варіантів реалізації, K_n
Φ_1	$A_{11} A_{12} A_{13} \dots$ A_{1k1}	K_{1k}
Φ_2	$A_{21} A_{22} A_{23} \dots$ A_{2k2}	K_{2k}
...
Φ_n	$A_{n1} A_{n2} A_{n3} \dots$ A_{nkn}	K_{nk}
...
Φ_j	$A_{j1} A_{j2} A_{j3} \dots A_{jkj}$	K_{jk}

Щоб отримати загальну кількість різних варіантів реалізації системи, представленої в морфологічній матриці, необхідно визначити декартовий добуток множин альтернатив, кожного рядка морфологічної таблиці [1]:

$$N = \prod_{i=1}^j k_i = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n \cdot \dots \cdot k_j \quad (1)$$

де K_n – число альтернатив для реалізації n-ї функції або загальної підсистеми; j – число всіх функцій.

Як показує практика, при створенні нових ТР, використання лише евристичних методів є не завжди доцільно. Оскільки людина не може вирішувати чи моделювати задачі високої важкості без використання машинної підтримки. Так, основним недоліком даного підходу, при проектуванні ЗП, - є велика кількість варіантів реалізації, що розрізняються кількістю елементів, типами елементів, способами їх взаємозв'язку. Для реалізації такого вибору необхідно вирішити задачу дуже великої розмірності.

Так, для рішення задачі зменшення вибірки реалізацій та вибору кращого варіанту, нами пропонується креативний підхід на основі

комбінованого методу, який оснований на морфологічному підході з використанням системного аналізу та нейронних мереж (рис.1).

Перший етап передбачає отримання опису всіх систем, які належать до досліджуваного класу, тобто, класифікація множини досліджуваних систем. Результатом цього етапу є побудова морфологічної таблиці, що включає класифікаційні ознаки і набір значень ознак, які потрапляють під цю класифікацію.

На *другому етапі* проводиться оцінка описів різних систем досліджуваного класу і вибір з них тих, які в тому чи іншому наближенні відповідають умові завдання (цільовій функції). Цей етап рішення називається морфологічним синтезом, так як в результаті виходить цілісний опис всієї досліджуваної системи з частин описів підсистем і співвідношень між ними [2].

Починаючи з *третього етапу* відбувається доцільне скорочення вибірки методами системного аналізу, а саме: проводиться кластеризація варіантів з використанням введеної міри подібності, де проектувальник може вибрати необхідний ступінь розподілення вихідної множини на кластери.

Зіставляючи варіанти, визначають найбільш підходящі варіанти, для реалізації цільової функції при чому вводиться ступінь новизни і оцінка знайдених альтернатив.

На *заключному етапі* за допомогою нейронних мереж обираються найбільш доцільніші варіанти реалізації для вирішення поставленої задачі.

Нейронні мережі представляють собою досить нову і перспективну обчислювальну технологію, яка відкриває безліч можливостей і підходів при синтезі та проектуванні нових технічних рішень, у тому числі й в машинобудуванні.

Нейронні мережі використовуються для структурного і параметричного синтезу ЗП в двох випадках: для проектування ЗП (пошуку нового технічного рішення), та для моделювання параметрів структурних елементів ЗП.

Пропонується досліджувати використання нейронних мереж в комбінації з евристичними методами синтезу. Даний підхід дозволить не тільки підвищити технічний рівень розроблених ТР, але й скоротити час їх проектування.

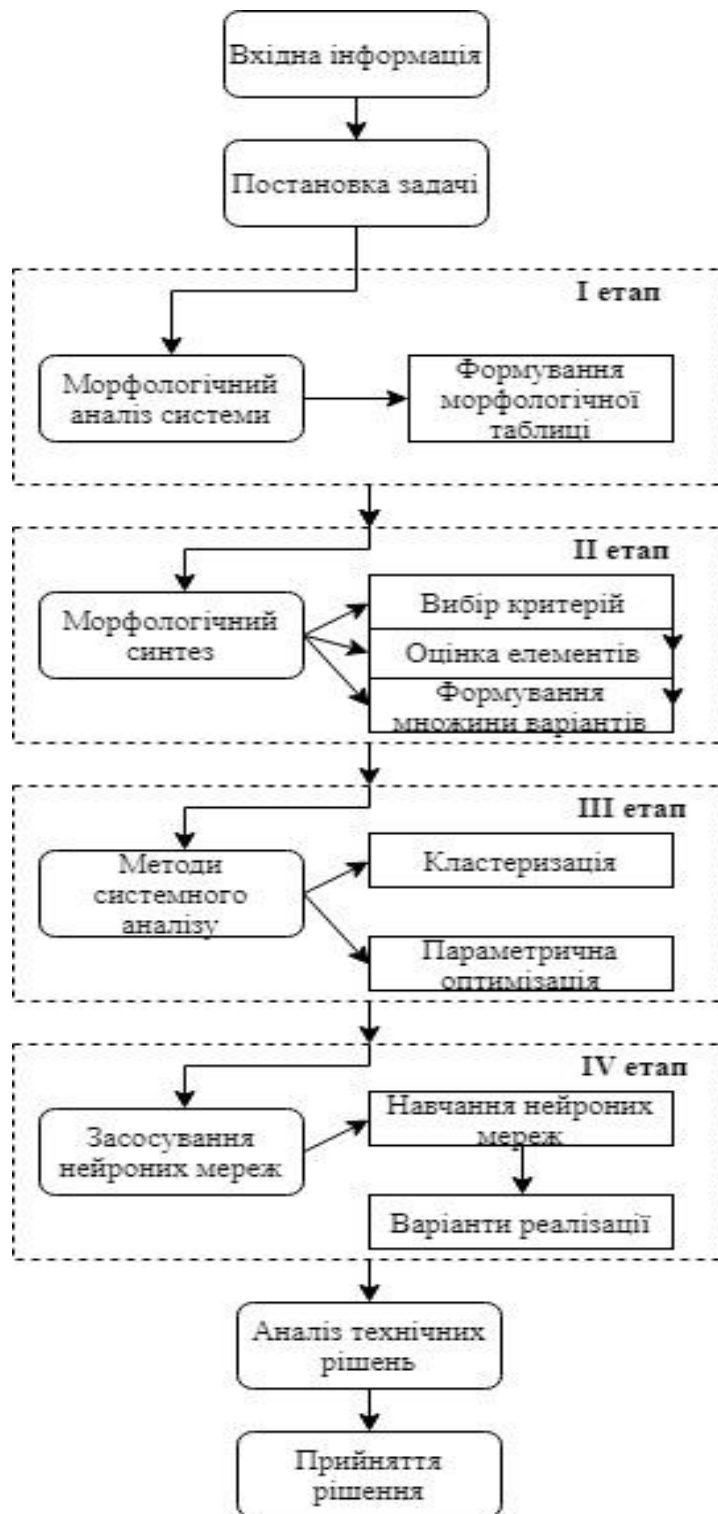


Рисунок 1 – Запропонований алгоритм пошуку ТР

Список посилань

1. О.В. Литвин, І.Р. Ящук. Щодо структурно-морфологічного синтезу затискних патронів токарних верстатів. Наукові нотатки. -2018. -Вип. №61. С.97-104.
2. Кузнецов Ю.М., Литвин О.В. Практикум з дисципліни "Основи технічної творчості": навч.-метод. посіб./ під заг. ред.: Ю.М. Кузнецов –К.: ТОВ "ЗМОК"-ТОВ "Гнозіс", 2010. -161 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТИСКУ ЗАГОТОВОК МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ

Луців І.В., докт. техн. наук, професор,

Кушик В.Г., канд. техн. наук, доцент,

Буховець В.М., асистент, Грущак Р.Б., студент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

м. Тернопіль, Україна

При токарній обробці деталей малої жорсткості виникають значні похибки форми, які виникають як при зовнішній обробці, так і при обробці отворів [1]. При цьому особливої уваги набуває затиск таких деталей в токарних затискних пристроях та характеристики таких пристроїв. Зокрема необхідно забезпечувати стабільність затиску.

Фактори силових характеристик і їх стабільність, а також пружні та демпфувальні характеристик патронів із постійним затиском, забезпечуються як їх структурними схемами, так і власне конструкціями даних затискних пристроїв.

В Тернопільському національному технічному університеті розроблені нові конструкції затискних пристроїв для обробки деталей малої жорсткості, які характеризуються підвищеною надійністю і стабільністю затиску заготовок. Зокрема нами запропонований новий цанговий патрон, у конструкції якого передбачена кришка з еластичного матеріалу, в якій радіально розміщені пружні елементи у вигляді ряду плоских пружин.

З метою визначення раціональних параметрів такої системи проведено дослідження характеристик жорсткості і аналіз пружної системи шпиндель – цанговий патрон – заготовка – верстат. При цьому конструкцію цангового патрона представлено у вигляді пружно-фрикційного шарніру.

Досліджувана структура характеризується радіальною, поворотною та осьовою жорсткістю із відповідними коефіцієнтами демпфування та моментами тертя. На основі проведених досліджень встановлено, що проведена модернізація служить підвищенню стабільності процесу затиску заготовок за рахунок уникнення підвищеного зношування робочих поверхонь губок цанги, гамування коливань. Крім того, при цьому вдається захистити робочі поверхні затискного пристрою від елементів стружки і бруду та запобігти залипанням елементів цангового патрону.

Порівняльні вимірювання осьового відтягування і сили проштовхування при експериментальних дослідженнях і випробуваннях традиційних цангових патронів і запропонованих патронів показали, що характеристики надійності і стабільності затиску підвищились 1,2 - 1,4 рази.

Отримані результати є особливо важливими в сенсі обробки заготовок малої жорсткості, зокрема тонкостінних циліндричних деталей, в тому числі із полімер композитних матеріалів, оскільки стабілізація

процесу затиску одночасно повинна збігатись із забезпеченням рівномірності процесу різання і зменшенням деформацій заготовок. Таким чином, зокрема, доцільно використовувати як адаптивний затиск заготовок, так і багатолезове оснащення із самоналагодженням в процесі обробки. Це визначатиме симетрію портрету силових факторів, що діють на технологічну і систему обробки деталей малої жорсткості.

Отже, запропоновані конструкції цангових патронів із захисними кришками підвищують надійність процесу затиску у патроні циліндричних заготовок малої жорсткості, в тому числі пустотілих із тонкими стінками.

Список посилань

1. Кузнецов, Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія [Текст]/ Ю.М.Кузнецов, І.В.Луців, О.В.Шевченко, В.Н.Волошин – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

РОЗРОБКА КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МОДУЛЬНИХ СЕПАРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ

*Ляпощенко О.О., докт. техн. наук, доцент,
Павленко І. В., канд. техн. наук, доцент,
Іванов В. О., канд. техн. наук, доцент,
Дем'яненко М. М., аспірант,
Старинський О.Є., аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

На сьогоднішній день одним з найважливіших завдань, що постає перед нафтогазовою та хімічною машинобудівними галузями України є забезпечення конкурентоздатності сепараційного обладнання на внутрішньому та зовнішніх ринках. Для цього необхідно забезпечити не тільки його високу ефективність та низьку вартість, а відповідно й зменшити трудовитрати та строки виготовлення деталей та вузлів. Це можливо за рахунок розробки і впровадження нових технологічних процесів, гнучких верстатних та складальних пристроїв для виготовлення окремих модулів сепараційного обладнання. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати модульні сепараційні пристрої та систематизувати їх за конструкторсько-технологічними ознаками.

Необхідно відмітити, що хоча існує класифікація модульних сепараційних пристроїв (МСП) за конструкторськими ознаками, вона не відображає технологічні аспекти, які особливо важливі не тільки при їх проектуванні та виготовленні, а й застосовуваних для цього верстатних та складальних пристроїв [1]. Аналіз показав, що найбільший вплив чинять 2 конструкторські ознаки – за розташуванням модуля в апараті та його принципом дії [2], та 5 технологічних ознак – за способом обробки, за

матеріалами, що використовуються для їх виготовлення, за формою поперечних перерізів сепараційних каналів, за масою, за габаритами.

За типом обробки МСП можна розділити на ті деталі МСП, які у своїй більшості підлягають механічній обробці різанням; МСП, що виготовляються за допомогою слюсарних операцій; МСП, що виготовляються за допомогою адитивних технологій та не потребують механічної обробки, а лише складання.

Деталі МСП можуть бути виготовлені, як із металевих (сталь, мідь, латунь), так і з неметалевих (полімери) матеріалів, а також у їх комбінації. Це впливає на вибір різального інструменту та призначення режимів різання при механічній обробці деталей МСП.

За формою поперечного перерізу сепараційних каналів МСП поділяються на ті, що мають у своєму складі деталі округлі та деталі плоскої або складної форми, що з технологічної точки зору допомагає орієнтуватися на тип технологічного обладнання та оснастки, що забезпечує обробку деталей та складання вузлів МСП.

За масою МСП класифікуються на легкі (менше 10 кг), середні (10–100 кг) та важкі (більше 100 кг), що також визначає в певній мірі технологічні характеристики верстатів, на яких буде виконуватися механічна обробка.

За габаритними розмірами МСП відповідно поділяються на малі (менше 100x100x100 мм), середні (100x100x100–1000x1000x1000 мм) та великі (більше 1000x1000x1000 мм), що визначає габаритні розміри верстатних пристроїв, у яких будуть виготовлятися деталі МСП та необхідний робочий простір верстата.

Розроблено конструкторсько-технологічну класифікацію МСП, що включає в себе конструкторські та технологічні ознаки їх виготовлення. На основі даної класифікації планується запропонувати структурний код вибору МСП для конкретних виробничих задач, а також здійснювати автоматизоване проектування технологічних процесів виготовлення та складання деталей МСП у вузли на основі бібліотек МСП, що може застосовуватись у інформаційно-пошукових системах та дозволить скоротити терміни конструкторської та технологічної підготовки виробництва [3].

Дослідження проводяться у рамках виконання проекту «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання» на замовлення Міністерства освіти і науки України (ДР №011U003931).

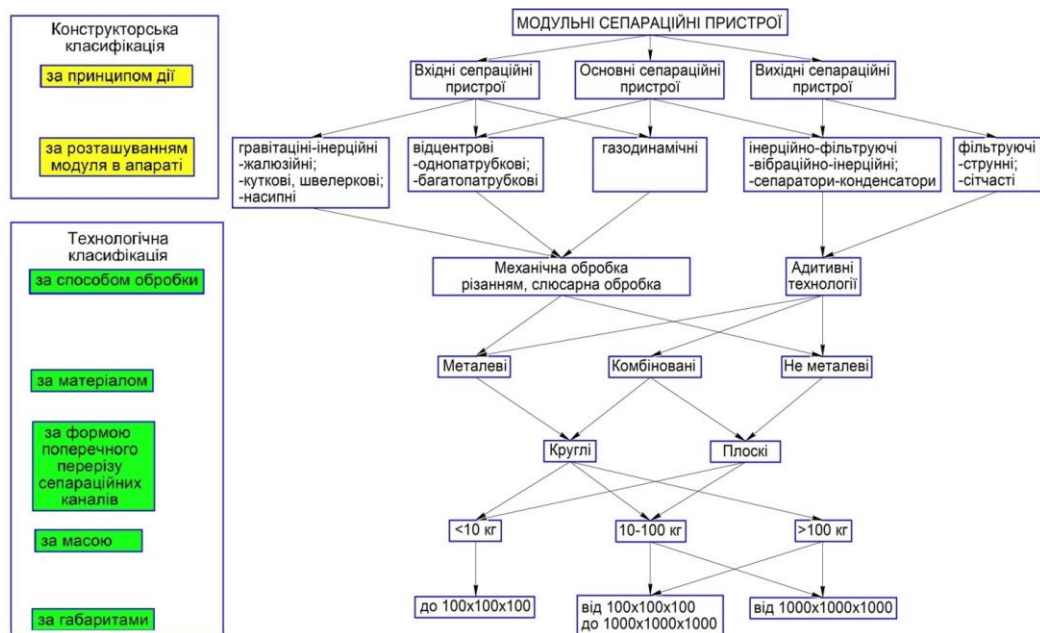


Рисунок 1 – Конструкторсько-технологічна класифікація модульних сепараційних пристроїв (МСП)

Список посилань

1. Ivanov V., Dehtiarov I., Pavlenko I. et al. Numerical Simulation of the System “Fixture – Workpiece” for Levers Machining. – The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2017. – Vol. 91. – Issue 1–4. – P. 79–90, DOI:10.1007/s00170-016-9701-2.
2. Ляпощенко О. О. Теоретичні основи процесів інерційно-фільтруючої сепарації : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології / Олександр Олександрович Ляпощенко ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 435 с. – Бібліографія: с. 296–345 (425 назв).
3. Іванов В. О. Класифікація опорних елементів модульних верстатних пристроїв / В. О. Іванов, О. О. Ляпощенко, І. В. Павленко // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – Вип. 1 (28). – С. 79–90.

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ИНСТРУМЕНТА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ ОТ КОМПАНИИ DRATEC

*Макаренко Н.А., д.т.н., проф.,
Голуб Д.М. к.т.н., ст. преп.,
Куций А.М., к.т.н., ст. преп.,
Гайворонский А.О. ст. гр. 3В-14-1*

Донбасская государственная машиностроительная академия, м. Краматорск, Украина

Компания DRATEC (Германия) производит широкую номенклатуру порошковых проволок Dratec для восстановления и повышения ресурса деталей наплавкой, в том числе и самозащитных. Наплавочные материалы

Dratec имеют стабильное и высокое качество и соответствуют международным стандартам.

Можно выделить следующие проволоки и прутки Dratec, которые можно использовать для наплавки штампового инструмента:

Наплавочная проволока DT-1.2567 (DIN 8555: WSG3 – GZ – 45 T) – омедненная проволока сплошного сечения, предназначенная для восстановления и наплавки инструмента, применяемого при горячей обработке материалов, а также для восстановления рабочих поверхностей и режущих кромок деталей, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей, применяемых при горячей и холодной обработке материалов. Наплавленный металл имеет мартенситную структуру. Твердость металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.2567: 42-48 HRC (без термообработки); 42-46 HRC (при 400°C); 45 HRC (при 600°C). Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.2567 представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.2567, %

C	Si	Mn	Cr	V	W
0,30	0,30	0,30	2,30	0,50	4,05

Проволока Dratec DT-SG 2343 (DIN 8555: WSG 3-55 T) – омедненная проволока сплошного сечения, предназначенная для восстановления и наплавки инструмента, применяемого при горячей обработке металла, а также для восстановления рабочих поверхностей и режущих кромок деталей, изготовленных из нелегированных сталей, применяемых при горячей и холодной обработке металлов. Твердость металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2343: 52-57 HRC. Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2343 представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2343, %

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,38	1,0	0,40	5,00	1,1	0,45

Проволока Dratec DT-1.6356 (SG X 2 NiCoMoTi 18 12 4) DIN 8555: MSG 3-370-590 Представляет собой дисперсионно-упрочняемый мартенситно стареющий сплав для восстановления и наплавки инструмента и штампов (матриц), применяемых при горячей обработке материалов, с целью увеличения срока службы штампов (матриц), экструзионных пресс-форм, плунжеров, шаблонов, поршней пресса. Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.6356 представлен в табл. 3, механические свойства – в табл. 4.

Таблица 3 – Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.6356, %

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Co	Ti
0,005	0,2	0,05	0,15	4,0	18,0	12,0	1,60

Таблица 4 – Механические свойства металла, наплавленного проволокой Dratec DT-1.6356, %

Предел текучести	Rp	885 N/мм ²	1620 N/мм ²
Предел прочности	Rm:	980 N/мм ²	1860 N/мм ²
Твердость		34 HRC	51 HRC
T/o	T/t	после наплавки	480°C/4ч/воздух

Проволока Dratec DT-SG 2367 (DIN 8555: WSG 3 - 40 T) – омедненная проволока сплошного сечения, предназначенная для восстановления и наплавки инструмента, применяемого при горячей обработке материалов, а также для восстановления рабочих поверхностей деталей, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей, применяемых при горячей и холодной обработке материалов. Наплавленный слой может быть подвергнут дальнейшей механической обработке. Твердость металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2367 составляет 37-42 HRC. Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2367 представлен в табл. 5.

Таблица 5 – Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2367, %

C	Si	Mn	Cr	Mo
0,10	0,30	0,60	6,20	3,2

Проволока Dratec DT-SG 2606 DIN 8555: WSG 3-GZ-60 T) – омедненная проволока сплошного сечения, предназначенная для восстановления и наплавки инструмента, применяемого при горячей обработке металла (лезвия ножниц горячей резки), а также для восстановления рабочих поверхностей и режущих кромок деталей, изготовленных из нелегированных сталей, применяемых при горячей и холодной обработке металлов. Твердость металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2606 составляет 57-60 HRC. Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2367 представлен в табл. 6.

Таблица 6 – Химический состав металла, наплавленного проволокой Dratec DT-SG 2606, % [1]

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
0,37	1,1	0,40	5,20	1,4	0,35	1,30

Таким образом, можно сделать вывод, что номенклатура наплавочных проволок Dratec достаточно велика и охватывает широкую номенклатуру возможных изделий (штампового инструмента) для восстановления и повышения ресурса эксплуатации.

Перечень ссылок

1. RS – Новые технологии [Электронный ресурс]: сайт Группы Компаний РС, работающей на рынке специальных сварочных материалов и технологий. – Режим доступа к сайту: <https://rs-nt.ru>

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА РАДИАЛЬНО-ПРОДОЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ И СТЕРЖНЕМ

Малий К.В.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

На данном этапе в производстве широко распространены детали, которые совмещают в себе несколько элементов, таких как фланец и стержень. Для их изготовления рационально применять способы комбинированного радиально-прямого и радиально-обратного выдавливания (рис. 1).

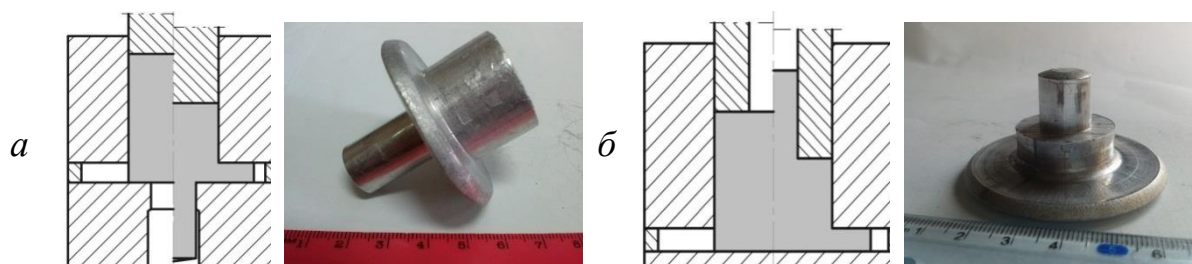


Рисунок 1 – Схема и получаемая деталь при радиально-прямом (а) и радиально-обратном выдавливаниях (б)

Особенности положения фланца в детали играет важную роль в выборе способа получения детали. Фланец, который уже сформирован, может играть роль застойной зоны, относительно которой металл продолжает интенсивно перемещаться в прямом направлении. Такая особенность характерна для радиально-прямого выдавливания. Это приводит к отделению фланца по линиям максимального сдвига ввиду исчерпания ресурса пластичности металла.

Этого недостатка лишен менее изученный способ радиально-обратного выдавливания деталей, в котором, с одного торца заготовки выдавливают фланец, а с противоположного торца осевой отрезок или

полый стержень. Однако, в таких деталях характерно возникновение зон интенсивного сдвига и появления больших градиентов деформаций.

Ограничением в использовании схем радиально-обратного выдавливания является то обстоятельство, что использование полого пуансона возможно лишь для деформирования материала с низким напряжением текучести. В противном случае срок службы такого инструмента, испытывающего значительные растягивающие напряжения, становится крайне недостаточным.

Выводы: Среди перспективных процессов видное место занимает технология холодной объемной штамповки выдавливанием. Способы радиально-прямого выдавливания целесообразно применять при разъединенном расположении корпуса и стержня, а способы радиально-обратного выдавливания – при одностороннем расположении корпуса и стержня относительно фланца.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТОРЦЕВ ПЛУНЖЕРА ИНСТРУМЕНТОМ, ОСНАЩЕННЫМ СВЕРХТВЕРДЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

*Матвиевский А.Ю., студент,
Кушниров П.В., канд. техн. наук, доцент
Сумский государственный университет, г. Суми, Украина*

Деталь «Плунжер» (см. рис. 1) входит в состав вакуумного золотникового насоса. Материалом детали является чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85. Согласно технологическому процессу обработки «Плунжера», сначала производится предварительное (черновое) торцовое фрезерование одного торца детали. Затем, после переустановки, обрабатывается другой торец. Окончательная (чистовая) обработка торцов детали обычно осуществляется плоским шлифованием.

Более производительным методом является чистовое торцовое фрезерование инструментом, оснащенным сверхтвердыми материалами. Применяемые при этом торцовые фрезы могут иметь либо не иметь возможности регулировки положения режущих элементов [1]. Так, торцовая фреза согласно [2], хоть и не имеет указанной регулировки, однако является более надежной в части обеспечения прочности узла крепления режущей вставки. Если же требуется более тонкая настройка положения режущих кромок, то можно использовать различные конструкции регулируемых торцовых фрез, например, [3].

По сравнению с плоским шлифованием торцовое фрезерование позволяет увеличить производительность обработки торцов «Плунжера», поскольку глубина резания достигает нескольких десятых долей миллиметра. При этом обеспечиваются параметры – допуск параллельности торцов детали не более 0,02 мм и шероховатость не грубее Ra0,63.

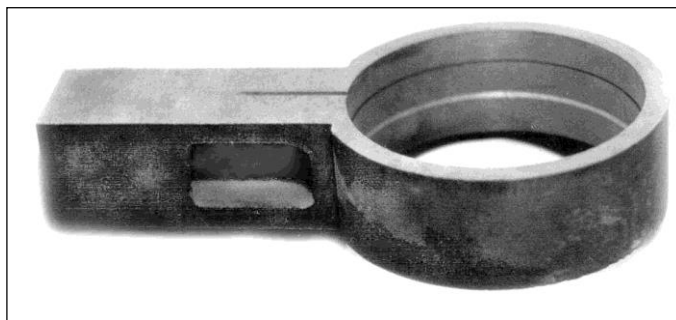


Рисунок 1 – Оброблюваний торець деталі «Плунжер»

Таким образом, применение торцевых фрез, оснащенных сверхтвердыми материалами, дает возможность повысить производительность обработки за счет увеличения глубины резания и снижения основного времени.

Перечень ссылок

1. Кушніров, П.В. Фрези с регулируемыми режущими вставками [Текст] // П.В.Кушніров. – Технологии XXI века: Сборник материалов 16-й международной научно-методической конференции (6-11 сентября 2010 г.). Ч.1. – Алушта-Сумы: СНАУ, 2010. – С. 13.
2. Пат. 60129 U Україна, МПК (2006.01) В23С 5/06. Торцева фреза/ П.В.Кушніров, А.О.Нешта, Ю.Я.Тарасевич; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u201014175; заявл. 29.11.2010; опубл. 10.06.2011, бюл. №11.
3. Пат. 73453 U Україна, МПК (2006.01) В23С 5/06. Торцева фреза / П.В.Кушніров, В.Г.Євтухов, Є.О.Поддуда; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u2012 02626; заявл. 05.03.2012; опубл. 25.09.2012, бюл. №18.

СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ МІТЧИКА

Матюхін А. Ю., канд. техн. наук, доцент каф. ОМТ,

Бень А. М., аспірант каф. ОМТ, ст. викл.,

Ленок А. А., аспірант каф. ОМТ, асистент,

Доля С. П., магістрант

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

У вітчизняній та закордонній промисловості існує багато різноманітних способів отримання різбових з'єднань в деталях машинобудівного призначення. Однак, найбільш розповсюдженою технологією отримання внутрішньої різьби є нарізання за допомогою такого металорізального інструменту як мітчик [1]. Саме застосування мітчиків дозволяє скоротити час на нарізання різьби, збільшити продуктивність праці та отримати точну геометрію профілю.

Наявність технології та обладнання, що дасть можливість налагодити масове виробництво мітчиків при зниженій трудоемності процесу

виготовлення, дозволить внести свій вклад у ріст національної економіки та збільшити конкурентну спроможність на світовому ринку.

На базі кафедри ОМТ ЗНТУ був розроблений та створений мітчикошампувальний прес-автомат, який демонструвався на ВДНГ та отримав медаль III ступеня (авторське свідоцтво № 710741, дата опубл. 25.01.1980) [2]. Загальний вигляд прес-автомату зображений на рисунку 1.

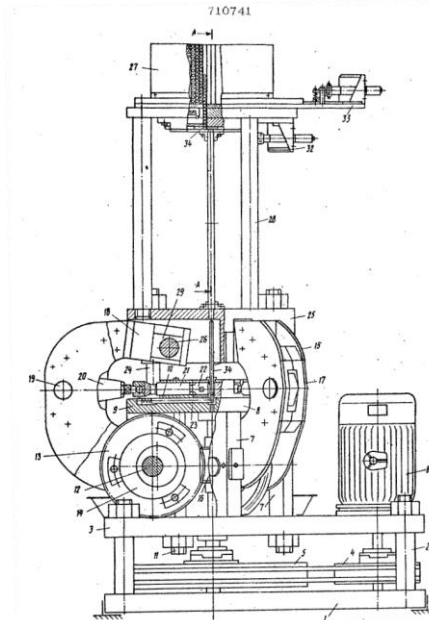


Рисунок 1 – Загальний вигляд мітчикошампувального прес-автомату

До безпосередніх переваг застосування цього прес-автомату порівняно з традиційними технологіями виготовлення мітчиків:

- підвищення КІМу;
- підвищення продуктивності праці;
- зниження енерговитрат;
- зменшення виробничої праці;
- зменшення виділів на заробітну плату.

Проте, не зважаючи на цілий ряд суттєвих переваг, прес-автомат має і недоліки. Одним з основних недоліків можна вважати те, що він виготовляє лише заготовку під наступні технологічні операції на металорізальних верстатах, де мітчик отримує остаточні геометричні розміри (різьбонарізний профіль) та необхідні клас і чистоту поверхні. До другорядних недоліків слід віднести:

- застосування гравітаційного постачальника штучної заготовки, що обмежує автономність роботи прес-автомату;
- відсутність у відштампованій заготовці квадратного хвостовика для кріплення у мітчикотримачі;
- недосить чіткий профіль трьох стружкових канавок.
- вузький діапазон типорозмірів.

Саме на вирішення цих недоліків спрямована майбутня наукова робота.

Список посилань

1. Gil-Del-Val, A. Experimental Study of Tapping Wear Mechanisms on Nodular Cast Iron [Text] / A. Gil-Del-Val, P. M. Diéguez, M. Arizmendi, M. Estrems // Procedia Engineering. – 2015. – 132. – P. 190-196.
2. Пат. 710741 СССР, МПК (2017) В21J 7/16. Радиально-штамповочный пресс-автомат [Текст] / Чумаков Б.Н., Соловьев А.А., Лайко В.Я. (Украина); заявник і патентовласник Запорізький національний технічний університет. – заявл. 24.07.78; опубл. 28.01.80. – 4 с.

МОДЕЛЮВАННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦЯ ДЛЯ ОБРОБКИ КОНІЧНОЇ НАРІЗИ У НАФТОГАЗОВИХ ТРУБАХ

Медвідь Ю. В., Лукань Т. В., Пітулей Л. Д.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Конічні нарізи широко використовуються у нафтогазовій галузі – для з'єднання бурильних, обсадних і насосно-компресорних труб. Сучасна технологія їх виготовлення визначена процесом точіння за допомогою нарізевих різців із повнопрофільною різальною крайкою. Проблемою для нарізеточіння на сьогоднішній день є всезростаючі вимоги до міцності матеріалу труб нафтогазового сортаменту. У таблиці 1 показано вимоги, щодо міцності бурильних труб згідно із [1].

Таблиця 1 – Механічні властивості тіла бурильних труб із привареними замками

Назва показника, розмірність	позначення	Норма механічних властивостей за групами міцності сталі						
		Д	Е	Л	М	Р	Т	У
Межа міцності, МПа	σ_b	655	689	724	792	999	1104	1241
Межа плинності, МПа: min	σ_T	379	517	655	724	930	1035	1170
Межа плинності, МПа: max		-	724	862	930	1138	1241	1379
Відносне видовження, % min	δ_5	16	14	14	12	12	11,5	10,5
Відносне звуження після розриву, % min	ψ	50	50	50	45	45	40	40
Ударна в'язкість, дж/см ² min	KSV	690	690	690	690	690	-	-

Слід враховувати також і те, що у таблиці йде мова про матеріал тіла труби, а не замка, до якого вимоги є завжди вищими [2]. Таким чином у

найближчій перспективі постає потреба обробки конічних замкових нарізей зі сталі із межою міцності σ_B , яка сягає понад 1300 МПа. Згідно із рекомендаціями [3] для обробки таких матеріалів слід застосовувати твердосплавні різці із переднім кутом -5° . Сучасні виробники не пропонують нарізеві різці із ненульовим значенням переднього кута, оскільки на їх думку, це може призвести до значних відхилень по точності профілю нарізі. Згідно із дослідженнями представленими у [4] вказані відхилення не складають більш як 20% допуску на відхил половинного кута профілю замкової нарізі. У ряді моделей різців для виготовлення нарізі представлено отримані профілі [5], які вказують на доцільність моделювання не тільки самого профілю різальної крайки, але і різальної частини інструмента в цілому, заради отримання його кінематичних передніх і задніх кутів вздовж усієї лінії різальної крайки.

Автори представляють алгоритм для моделювання різальної частини різця на основі автоматизованого розрахунку:

кута між кінематичною і статичною системами координат згідно із формулою [6]

$$\psi = \arctg\left(\frac{P\sqrt{\operatorname{tg}^2\beta + 1}}{2\pi(R \pm h \cdot \operatorname{tg}(\beta))}\right)$$

та кута нахилу різальної кромки різця:

$$\delta = \arctg\left(\frac{P}{2\pi(r + h \cdot \operatorname{tg}(\beta))}\right)$$

де h – відтань від більшої, або меншої основи конуса різі уздовж її осі,

R – максимальний радіус конічної нарізі у певній точці,

r – мінімальний радіус конічної нарізі у певній точці,

β – половинний кут при вершині конуса нарізі.

Висновок: вказаний автоматизований алгоритм уможливорює отримання кінематичних і статичних геометричних параметрів для будь-якої точки уздовж різальної крайки різця.

Список посилань

1. ГОСТ Р 50278–92 Трубы бурильные с приваренными замками. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1992. Разработан и внесен Министерством металлургии СССР и Министерством нефтяной и газовой промышленности СССР.

2. Сароян Е. Я. Трубы нефтяного сортаментам [Текст]. Справочник специалиста. Е.Я. Сароян, Н.Д.Щербюк, Н.В.Якубовский. М: Недра: 1987.– 488с.

3. Фомин Е. В. Повышение стойкости и точности резбовых резцов на основе моделирования процесса резбонарезания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 : защищена 22.03.07 : утв. 24.09.07 / Фомин Евгений Владимирович – М., 2007. – 206 с. – Библиогр.: с. 194–202.

4. Медвідь Ю.В. Теоретичний аналіз забезпечення точності профілю замкової нарізи виготовленої різцями із загальним положенням передньої поверхні та заданою точністю її встановлення [Текст] / Ю. В. Медвідь, О. Р. Онисько, В.Г. Панчук // Збірник наукових праць VII-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». –2018. –С. 96-100.

5. Пітулей Л.Д. Отримання координат точок профілю замкової нарізи, яка виконана у віртуальному режимі у середовищі SolidWorks. [Текст] / Л.Д.Пітулей // Збірник тез доповідей Науково-практичного семінару «Графічна освіта у закладах вищої освіти: стан та перспективи» Івано-Франківськ - 2018, – С 94-96

6. Онисько О.Р. Аналітичне дослідження руху точки різальної кромки різьового різця у процесі формоутворення конічної гвинтової нарізи на трубах нафтогазового сортаменту. [Текст] / О. Р. Онисько, // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. — 2016.—1(40).—С. 50 –56.

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ГІДРОСТАТИЧНИМИ ПІДШИПНИКАМИ

*Мельник М. С., канд.техн.наук, доцент, Гаркавченко А.О., магистрант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна*

В машинобудівному виробництві традиційним є підхід, коли чорнові та чистові операції виконуються на різних одиницях однакового обладнання. Це дозволяє суттєво зменшити навантаження на чистові верстати і подовжити їм термін служби зі збереженням високої точності. Важкі токарні верстати належать до устаткування особливо великої коштовності, тому далеко не всі машинобудівні підприємства можуть дозволити собі встановлювати декілька однотипних важких верстатів з метою розділення чорнових та чистових операцій на різні одиниці обладнання. Те ж саме стосується і шліфувальних верстатів. Тому для багатьох підприємств є актуальною задача забезпечення можливості виконання на одному важкому верстаті всіх технологічних операцій притаманних даній групі верстатів, тобто і чорнові, і чистові і фінішні.

Переважає більшість існуючих важких токарних верстатів дозволяють поєднати у кращому випадку чорнові і чистові операції. Фінішні операції традиційно виконуються методом шліфування. Однак у останній час намітилася тенденція заміни круглого шліфування тонким швидкісним точінням із застосуванням надтвердих інструментальних матеріалів (НТМ), як то мінералокераміка, кубічний нітрид бору, та ін., наприклад у виробництві композитних прокатних валків з зовнішнім робочим шаром з високолегованого чавуну. Але існуючі верстати не дозволяють застосовувати такий інструмент з наступних причин: 1 – неприйнятне радіальне биття шпинделя, 2 – низька вібростійкість шпиндельних вузлів з опорами кочення, 3 – неможливість забезпечення

робочих швидкостей різання для НТМ в межах 200...400 м/хв на малих та середніх діаметрах обробки.

Задачею даної роботи є розробка ряду заходів і конструкцій верстатних вузлів для забезпечення можливості реалізації на важких токарних верстатах швидкісного тонкого точіння інструментами з НТМ. Перші дві проблеми успішно вирішуються заміною у шпиндельному вузлі підшипників кочення на гідростатичні підшипники рідинного тертя. Цей тип підшипників за своєю природою автоматично забезпечує високу точність положення осі обертання і в водночас є високоефективним гідравлічним демпфером, тобто забезпечує високу вібростійкість шпиндельного вузла, але разом з тим залишається проблема забезпечення достатньої швидкохідності шпиндельного вузла. Швидкохідність гідростатичних підшипників обмежується прийнятним значенням ККД.

Гідродинамічні втрати потужності у підшипнику визначаються за законом Ньютона для в'язкого тертя відповідно до формули:

$$N = F_T \cdot V_{\text{окр}} = \mu \cdot S \cdot \frac{dV_{\text{окр}}}{dh} \cdot V_{\text{окр}} = \frac{\mu \cdot S \cdot V_{\text{окр}}^2}{h}$$

де F_m – сила в'язевого тертя; $V_{\text{окр}}$ – окружна швидкість робочої поверхні підшипника; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості мастила; S – площа поверхні тертя; h – номінальна товщина мастильного шару у підшипнику. Як видно з формули, втрати потужності пропорційні до квадрата швидкості ковзання. Існуючі важкі верстати розраховані на забезпечення швидкості різання на мінімальному діаметрі (при максимальній частоті обертання шпинделя) в межах 60...100 м/хв. Для забезпечення можливості роботи інструментом з НТМ в режимі швидкісного точіння цю швидкість і відповідно максимальну частоту обертання шпинделя необхідно збільшити у 3...5 разів. При цьому гідродинамічні втрати потужності зростуть у 9...25 разів. За попередніми розрахунками для типового шпиндельного вузла важкого токарного верстата при такому збільшенні швидкості втрати потужності на в'язке тертя складатимуть 10...30% від потужності двигуна головного руху верстата, тобто десятки кіловат. Проблема тут полягає не лише в низькій енергоефективності. Вказана потужність виділяється у шпиндельному вузлі у вигляді тепла і призводить до неприйнятних температурних деформацій з відповідною втратою точності, а можливо і працездатності.

Для вирішення вказаної проблеми було розроблено нову конструкцію гідростатичних підшипників і систему адаптивного керування для зменшення втрат потужності на в'язке тертя. Вдосконалення конструкції полягає в тому, що підшипник має регульовану товщину мастильного шару (тобто робочого зазору). Для цього опорні шийки шпинделя і втулки підшипників виконані конічними з невеликою конусністю (1:30...1:50), довжина опорних шийок збільшена порівняно з довжиною втулок, а самі втулки виконані з можливістю осьового

переміщення у корпусі шпindelного вузла за допомогою гідравлічного або електромеханічного сервопривода. Система керування за фіксованою програмою при зростанні частоти обертання шпindelа збільшує робочий зазор зменшуючи таким чином відповідно до формули втрати потужності на в'язке тертя.

На перший погляд таке регулювання повинно негативно вплинути на жорсткість і вантажопідйомність підшипників, але такий вплив є незначним, оскільки він частково компенсується зростанням гідродинамічної складової підйомної сили мастильного шару зі зростанням частоти обертання шпindelа. До того ж на чистових і фінішних операціях сили різання настільки малі порівняно з чорновими режимами, що дозволяють в декілька разів зменшити жорсткість практично без втрати точності обробки.

Крім розглянутої функції розроблена система адаптивного керування має ще одну. Вона полягає у адаптивному регулюванні середнього тиску у кишнях гідростатичних підшипників, і покликана додатково зменшити тепловиділення у підшипниках. Справа в тому, що потужність насосної станції, яка прокачує мастило через підшипник і забезпечує режим рідинного тертя, також має суттєву величину (типова потужність привода насосів 1...5 кВт), і також майже цілком перетворюється у тепло у робочому зазорі підшипників та на гідравлічному опорі дроселів або регуляторів, що також розміщені у шпindelному вузлі. Отже за рахунок керування цією потужністю також можна суттєво покращити температурний режим шпindelного вузла. Це можливо знову ж таки за рахунок збільшення гідродинамічної складової підйомної сили підшипника при збільшенні частоти обертання шпindelа. На певній швидкості ця гідродинамічна складова досягає значення номінальної вантажопідйомності підшипника, що дозволяє зменшити тиск (а відповідно і потужність) насосної станції практично до атмосферного, забезпечивши лише мінімально необхідну циркуляцію мастила для гарантованої наявності його у підшипнику. Такий стан відповідає переходу підшипника у чистий гідродинамічний режим тертя.

Для забезпечення працездатності і підвищення жорсткості шпindelного вузла з запропонованими гідростатичними підшипниками необхідно прийняти міри для максимального збільшення гідродинамічної складової підйомної сили мастильного шару при заданому діапазоні частот обертання. З цією метою було вдосконалено конструкцію втулки підшипника. Кишені вдосконаленої втулки виконані не суцільними, а у вигляді замкненої канавки, розташованої по периметру класичної кишені гідростатичного підшипника, а площа, що лишилася в середині периметра кишені має спіральний профіль у поперечному перетині втулки з кількістю заходів спіралі, що дорівнює кількості кишень. Співвідношення зазорів на протилежних краях кишені дорівнює 2,2, що забезпечує створення оптимального мастильного клину. Для зменшення торцевого перетікання мастила на торцевих краях внутрішнього острова кишені виконані вузькі

гребені, що мають зазор з шийкою шпинделя у 3...4 рази менше за номінальний зазор підшипника. Таке вдосконалення дозволить суттєво збільшити гідродинамічну складову і підвищити точність положення осі обертання у гідродинамічному режимі порівняно з класичною конструкцією втулки з циліндричним отвором.

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЯЖЕЛЫХ КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКОВ

*Миранцов С.Л., канд. техн. наук, доцент, Божко Є.В., магистрант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна*

Производительность механической обработки на тяжелых станках, в частности на карусельных станках, определяется множеством факторов. Одним из факторов, ограничивающих производительность, являются процессы, возникающие в технологической системе при обработке. К таковым относятся случайные погрешности и колебания, возникающие на операциях чернового и чистового точения и растачивания.

Одной из ряда причин, вызывающих колебания в технологической системе карусельного станка при точении и растачивании, является большой вылет ползуна, а также недостаточная жесткость сборной конструкции инструмента, что приводит к снижению жесткости технологической системы.

Для исследования колебаний в технологической системе тяжелого карусельного станка предложена структурная динамическая модель системы, которая включает в себя процесс резания, эквивалентную упругую систему станка, сопутствующие резанию процессы и учитывающая:

- жесткость элементов технологической системы; жесткость конструкции сборного инструмента;
- конструктивные и геометрические параметры режущего инструмента; неточность установки детали на станке в направлении осей координат, неточность формы и расположения обрабатываемых поверхностей;
- зависимость площади срезаемого слоя от упругих перемещений инструмента и элементов технологической системы, возникающих в процессе колебаний; зависимость площади срезаемого слоя от неравномерности припуска, возникающего вследствие следов предыдущих проходов.

На основе структурной динамической модели технологической системы разработана также компьютерная модель, реализованная в программной среде Simulink. В качестве исходных данных в модели используются элементы режимов резания: t , S , V , n ; геометрические параметры инструмента; удельные значения составляющих силы резания.

В качестве выходных данных модель позволяет получать расчетные виброграммы элементов технологической системы.

Проведенные экспериментальные исследования колебаний при обработке на тяжелых карусельных станках, выполненные в условиях ПрАТ ЭМСС, подтвердили адекватность предложенной модели и возможность ее применения для аналитических исследований.

В результате проведенных аналитических исследований колебаний, установлены закономерности их протекания в зависимости от режимов резания, а также получены рекомендации для усовершенствования конструкций сборных резцов для тяжелых карусельных станков.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ

Мироненко Е.В., докт. техн. наук, профессор,

Гузенко В.С., канд. техн. наук, доцент,

Паршин К.Е., магистрант, Самодуров Д.В., магистрант

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

В современном машиностроении наблюдается тенденция существенного увеличения скоростей резания за счет применения новых инструментальных материалов с износостойкими покрытиями, что приводит к росту вибраций и, как следствие, снижению производительности и точности обработки. При торцевом фрезеровании на тяжелых станках на виброустойчивость процесса резания существенное влияние оказывает глубина фрезерования. С одной стороны сравнительно массивные подвижные узлы и детали, невысокая жесткость узлов и контактов в подвижных и неподвижных соединениях, несовпадение центров жесткости с центрами масс определяют необходимость рассмотрения многомассовой системы со многими степенями свободы. С другой стороны, ударный характер работы при торцевом фрезеровании, нестационарность составляющих силы резания по величине и направлению и перемещение точки приложения силы резания при фрезеровании, что при определенных сочетаниях их параметров вызывает пересопряжение зазоров в кинематических парах.

Одним из путей повышение производительности чернового торцевого фрезерования является увеличение сечения срезаемого слоя за счет изменения традиционного распределения этого слоя между зубьями.

Анализ расчетных и экспериментальных динамических параметров приводов главного движения для фрезерных станков показал, что роль различных составляющих в балансе общей податливости привода для станков средних размеров составляет: на кручение до 30% суммарной приведенной податливости коробки скоростей; контактной податливости

шлицевых и шпоночных соединений до 35%; податливость валов совместно с податливостью опоры зубчатых передач до 35% [1]. Для тяжелых фрезерных станков доля изгибной податливости валов, включая шпиндельный узел, значительно увеличиваются. В продольно-фрезерных станках в высокой области частот доминирующее влияние на виброустойчивость процесса резания оказывает податливость шпиндельного узла [2]. При динамической нагрузке влияние различных узлов обусловлено не только структурой системы, но и их абсолютными размерами, определяющими частотные составляющие различных системы.

Экспериментально было установлено, что переменные составляющие силы резания в большей степени, чем постоянные составляющие, реагируют на изменение элементов режимов резания. При этом увеличение глубины резания t (0,25мм до 1мм) приводит к увеличению тангенциальной составляющей в 2,7 раза, вертикальной – в 1,6 раза, радиальной составляющей – в 2,5 раза, увеличение подачи на зуб S_z (0,1 мм/зуб. до 0,315 мм/зуб.) значительно влияет только на тангенциальную составляющую – она увеличивается в $\sim 1,7$ раза, а увеличение скорости V (от 73 м/мин до 230 м/мин) незначительно влияет на составляющие сил резания.

Поскольку большое значение на динамическую устойчивость процесса торцевого фрезерования оказывает шпиндельный узел с многолезцовым инструментом, выбор оптимальной конструкции фрезы имеет решающее значение для улучшения динамических характеристик процесса резания. В тех случаях, когда фреза предназначена для различных условий обработки: различные скорости резания, различные жесткостные и силовые характеристики можно вести расчет для динамической характеристики системы УС $W(\omega) = Const$ для всех ω .

В этом случае задача заключается в выборе такого расположения зубьев, при котором, получается, по возможности более плоский спектр амплитуды относительной вибрации инструмент-деталь, т.е. конструирование инструмента с возмущающей функцией типа белого шума. Экспериментальные проверки показали, что при неравномерности достигающей

$$\Delta = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{cp}} = \frac{nz}{60f} = 0,75...1,3;$$

где P_{cp} ; P_{\max} ; P_{\min} – величина шага фрезы между зубьями соответственно средняя, максимальная, минимальная.

Автоколебания в процессе резания зависят от многочисленных параметров и их проявление связано с совпадением одной из собственных частот технологической системы с частотой возбуждающих факторов. Автоколебания оказывают значительное влияние на все параметры процесса резания и в первую очередь на силу резания, которая зависит от

сечения срезаемого слоя, условий пластического деформирования материала, то есть внешнего и внутреннего трения процесса резания. Так пульсирующие нагрузки, создающие малые амплитуды колебаний (~ 10 мкм), облегчают пластическое деформирование материала в зоне стружкообразования, ослабляют адгезионное сцепление и, следовательно, силу и коэффициент трения на контактных поверхностях.

На основании изложенной физической модели возникновения автоколебаний можно предложить метод управления интенсивностью автоколебательного процесса. Это метод деления среза по ширине на каждом зубе, что обеспечивает как изменение толщины среза на отдельных участках зуба, так и изменение глубины резания отдельными зубьями.

За счет прерывистой режущей кромки уменьшается интенсивность напряжений и деформаций, снижает основную часть энергозатрат на резание и сказывается на уменьшении составляющих силы резания, что позволяет управлять автоколебательным процессом. При этом значительно изменяется влияние геометрических параметров режущих кромок инструмента, жесткости технологической системы, а также сил сопротивления (демпфирования) при работе каждого зуба фрезы на амплитуду автоколебаний.

Математическое описание процесса резания передаточной функцией $W_{np} = \frac{K_p}{T_p p + 1}$ предполагает определение расчетным путем параметров K_p и T_p .

При многолезвийной обработке понятие коэффициент резания K_p и постоянная времени стружкообразования T_p в обычном смысле применяется к каждому режущему лезвию отдельно. В общем случае можно говорить об эквивалентном процессе резания, так как эквивалентная система станка при многолезвийной обработке получает дополнительные контуры связи.

Поскольку динамическая характеристика резания прямопропорциональна силе резания и имеет место запаздывание силы резания с увеличением толщины среза по экспоненциальному закону с постоянным временем стружкообразования T_p , можно за счет деления среза по ширине управлять интенсивностью колебательного процесса.

Перечень ссылок

1. Каминская В.В. Расчеты виброустойчивости в станкостроении. М: Машиностроение, 1988, 102с.
2. Кудинов В.А. Динамика станков. - М.: Машиностроение, 1967, 359с.

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА БАЗІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ

*Мироненко Є.В., докт. техн. наук, професор, Гузенко Д.Є., аспірант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна*

Використання енергозберігаючих методик у машинобудівних галузях промисловості є необхідною умовою прискорення наукотехнічного прогресу та підвищення конкурентоспроможності продукції. Аналіз енерговикористання в машинобудівництві вказує на те, що галузь має суттєві можливості для підвищення ефективності використання енергії, особливо на стадії механічної обробки.

Перспективним напрямком, що активно розвивається, є використання для зберігання та обробки даних штучних нейронних мереж. Вибір топології, обмежень і взаємозв'язку внутрішньої структури нейронної мережі дозволяє застосовувати дану технологію в будь-яких завданнях виявлення залежностей між даними.

Відчутний ефект від застосування штучних нейронних мереж виникає тільки при вирішенні дуже складних завдань високої і надвисокої розмірності.

Розроблено програмно методичний комплекс для вирішення ситуаційних задач механічної обробки в умовах виробництва. На рисунку наведено результат роботи програми на основі якої можливе прийняття рішення щодо використання оптимальної пластини для операції технологічного переходу.

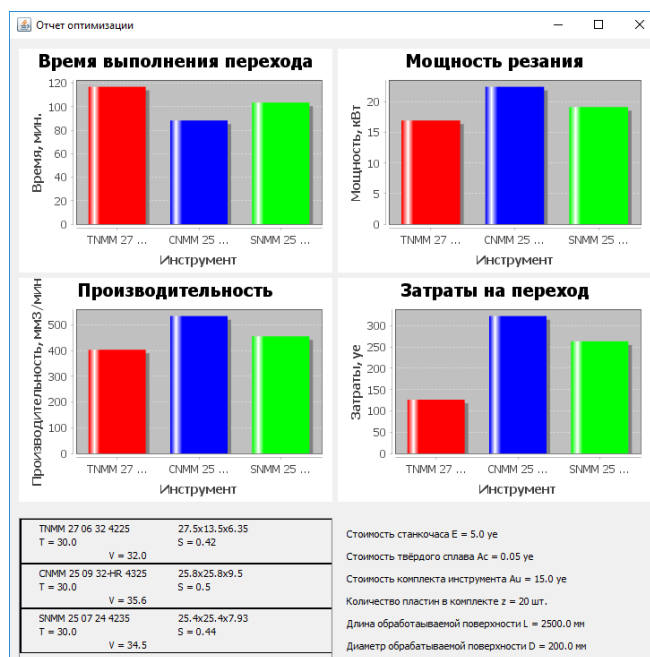


Рисунок 1 – Результат роботи програми оптимізації параметрів механічної обробки

Перечень ссылок

1. Энергосбережение в металлообработке: монография / В.С. Гузенко, Е.В. Мироненко. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 264 с.
2. Myronenko Y. Heavy vertical lathe equivalent elastic system modeling/ Y.Myronenko, S. Mirantsov, D. Huzenko // Scientific journal of the Ternopil National technical university. – Ternopil.: TNTU. – 2017. - #3(87) – С.90 – 102. – ISSN 2522-4433

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ТОЧЕНИИ ДЕТАЛИ «БАРАБАН ШТАМПУЮЩИЙ»

*Мирошниченко И.С., студент,
Кушниров П.В., канд. техн. наук, доцент
Сумский государственный университет, г. Суми, Украина*

Применение высокопроизводительного режущего инструмента дает возможность повышать режимы резания и, соответственно, увеличивать производительность обработки. Это в полной мере относится и к операциям точения поверхностей детали «Барабан штампуемый», изготовленной из алюминиевого сплава АК7.

Существует большое разнообразие конструкций токарных резцов, выпускаемых ведущими инструментальными фирмами мира. Резцы, оснащенные сверхтвердыми материалами, позволяют обеспечить требуемые скорости резания и шероховатость обработки [1]. Например, токарный инструмент с режущими вставками из композита 10, повышает производительность обработки в несколько раз по сравнению с твердосплавным инструментом [2, 3]. Возможно применения и специальных резцов [4].

Для обеспечения шероховатости обработки поверхностей детали «Барабан штампуемый» ($Ra\ 0,8$), предложена конструкция резца с режущей вставкой из композита 10. Указанная вставка закрепляется в державке винтами по боковой поверхности.

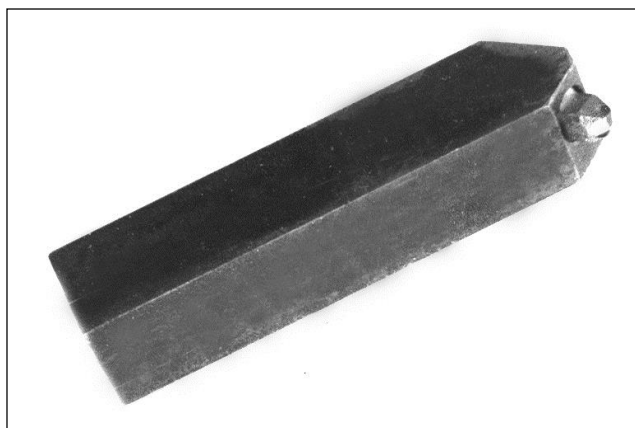


Рисунок 1 – Специальный резец, оснащенный режущей вставкой с композитом 10

Итак, усовершенствование технологии изготовления рассматриваемой детали «Барабан штампующий» путем применения на токарных операциях резцов со сверхтвердым материалом композит 10 позволяет повысить производительность и качество обработки при обеспечении требуемых параметров по шероховатости обработки.

Перечень ссылок

1. Винников, Н.П. Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справочник [Текст] / Н.П.Винников, А.И.Грабченко, Э.И.Гриценко и др.; Под. общ. ред. акад. АН УССР Н.В.Новикова. – К.: Техніка, 1988. – 118 с.
2. Ординарцев, И.А. Справочник инструментальщика [Текст] / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А.Ординарцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 864 с.
3. Кушниров, П.В. Расширение области применения режущих вставок с СТМ [Текст] / П.В.Кушниров // Тезисы докладов научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов. – Сумы: СумДУ, 1998. – С. 21.
4. Пат. 98927 У Україна, МПК (2006.01) B23C 5/06. Різальний інструмент/ П.В.Кушніров, А.С.Юнак, Г.О.Нижегородцев; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т.– № у 2014 13068; заявл. 05.12.2014; опубл. 12.05.2015, бюл. №9.

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РІЗЬБОВОГО З'ЄДНАННЯ З ВЕЛИКИМ КРОКОМ В ДЕТАЛЯХ З АРМОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Некрасов С. С., канд. техн. наук, доцент,
Довгополов А. Ю., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

На сучасному етапі розвитку машинобудівної галузі, питанням дослідження міцності конструкцій з армованих композиційних матеріалів як в Україні так і в усьому світі, приділяється досить значна увага. Для з'єднання деталей виготовлених з представлених композитів в основному використовуються нероз'ємні з'єднання, такі як клейові та заклепкові, оскільки досить складно отримати роз'ємне з'єднання яке б задовольняло необхідним показникам міцності. Різьбові з'єднання деталей виготовлених з АКМ мають свою специфіку виготовлення та застосування, але сама конструкція даного типу з'єднання розуміє під собою роз'ємність. Представлений тип з'єднання для деталей виготовлених з АКМ, реалізується або за допомогою виготовлення різьби на поверхнях деталей що з'єднуються, або за допомогою розміщення в деталях з АКМ металевих кріпильних вставок (рис. 1а, б), в яких уже виконана різьба, через яку і відбувається подальше з'єднання.

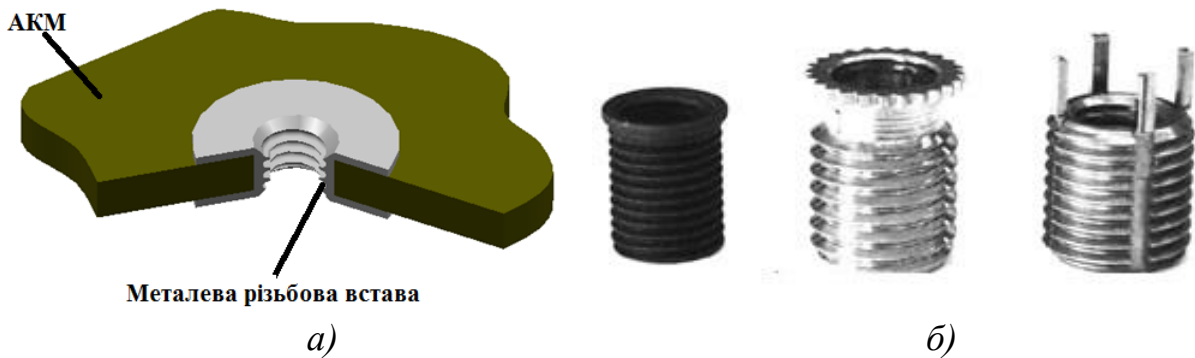


Рисунок 1 – Реалізація різьбового з'єднання в АКМ за допомогою різьбової вставки:

а – металева вставка розміщена в деталі з АКМ;

б – фото металевих вставок.

Конструкція різьби, якщо вона формуюється на деталі з армованого композиту (її діаметр і профіль) відрізняється від стандартних типів різьб, оскільки, вона як правило, має несиметричний або спеціальний профіль (круглий, трапецеїдальний, прямокутний). У більшості силових конструкцій виготовлених з армованих композиційних матеріалів, в яких передбачається приєднання елементів за допомогою різьби, з'єднання відбувається за допомогою металевих вставок з виконаною в них внутрішньою різьбою, які заформовуються в АКМ. Однією з причин, такої реалізації силових з'єднань деталей виготовлених з АКМ, є відсутність достовірної інформації про показники міцності різьбових з'єднань зі спеціальним профілем різьби, формованих на деталях виготовлених з армованих композиційних матеріалів.

З усіх різьбових профілів які використовуються для формовання їх на поверхнях деталей виготовлених з АКМ, різьба з круглим профілем повинна мати найкращі показники міцності. Оскільки, даний профіль, за рахунок конструктивних особливостей, а саме відсутності гострих концентраторів напружень через відповідну форму, як найкраще підходить для реалізації силового різьбового з'єднання деталей виготовлених з армованих композиційних матеріалів.

Саме тому, авторами, було вирішено провести моделювання напружено-деформованого стану методом скінчено-елементного аналізу, для різьбового з'єднання з круглою різьбою, основними параметрами які впливають на працездатність якого вважаються p – крок різьби, та t – глибина профілю різьби, (профіль зображено на рис. 2) згідно ISO 10208 та DIN 20317. Також на рисунку 2 показані зовнішній D та внутрішній D_1 діаметри різьби та R_1 і R_2 – радіуси вершин і впадин профілю, відповідно.

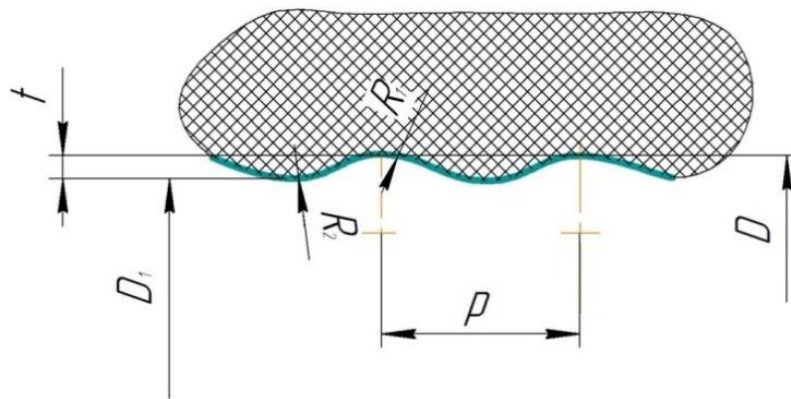


Рисунок 2 – Основні параметри круглої внутрішньої різьби

Моделювання напружено-деформованого стану відбувалося для круглої різьби з параметрами, які змінювалися у відповідних межах – глибина профілю різьби t у межах від 0.5 до 1.0 мм, а крок різьби p в межах від 1.0 до 4.0 мм. В таблиці 1 приведені значення основних параметрів круглої різьби для кожного із випадків, для яких було виконано моделювання напружено-деформованого стану з'єднання.

Таблиця 1 – Основні параметри різьби для кожного випадку моделювання

№	t (глибина профілю різьби)	p (крок різьби)
1	1	4
2	1	1
3	0.5	4
4	0.5	1
5	0,75	2,5

Для розрахунку НДС роз'ємного різьбового з'єднання, був використаний скінчено-елементний аналіз з інтегруванням в часі явним методом, з застосуванням програмних продуктів LS-DYNA компанії LSTC.

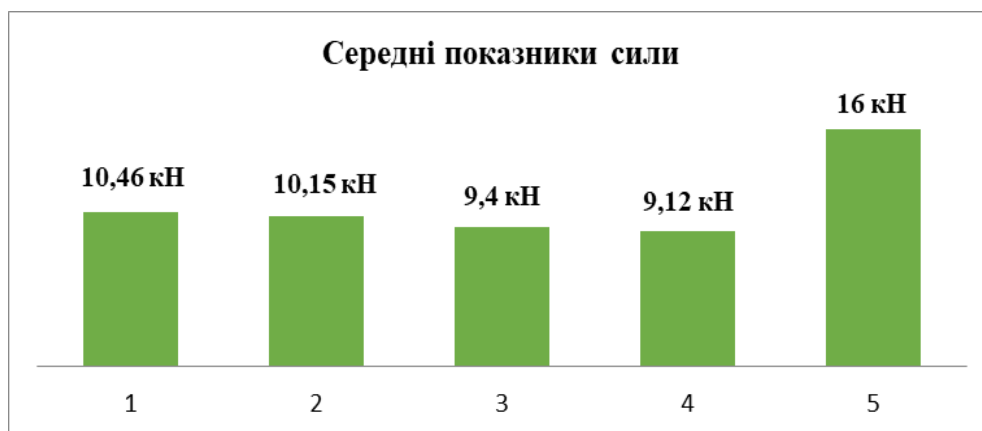


Рисунок 3 – Середні показники сили отримані в результаті моделювання

Середні показники сили, отримані в результаті моделювання, для кожного із випадків зазначених в таблиці 1, підвередили що запропоноване різьбове з'єднання з круглою різьбою виготовленою в деталях з АКМ має досить хороші показники міцності, а отже може використовуватися в силових конструкціях. Рисунок 3 показує отриманні в результаті моделювання, середні значення сили для кожного конкретного випадку.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Новіков Ф.В., д.т.н., професор, Новіков Д.Ф., к.е.н. доцент

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, м. Харків,

Клочко О.О., д.т.н., професор,

Соколов О.Г., магістрант, Туманов Д.М., магістрант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків, Україна,

Скоркін А.О., к.т.н., доцент

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна

Сучасний розвиток обробки великогабаритних зубчастих коліс вимагає широкого застосування ефективних технологічних процесів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності і якості виготовлення продукції. Для практичного здійснення цих завдань потрібні нові високопродуктивні зубообробні верстати, інструменти і професійно підготовлені фахівці, здатні створювати і впроваджувати у виробництво оптимальні технологічні рішення. При цьому технологи повинні володіти математичним апаратом і використати його для порівняння різних варіантів технологічних процесів.

Для математичного опису і моделювання основних закономірностей технологічних процесів необхідно використати основні положення фізики і особливо технічної механіки - елементи теоретичної механіки (кінематику, статику, динаміку), опору матеріалів і деталей машин. Встановлення на цій основі оптимальних параметрів технологічних процесів і їх практична реалізація дозволять максимально використати можливості технологічних процесів і забезпечать виготовлення цілком конкурентоздатної машинобудівної продукції. У особливій мірі це відноситься до шліфування - методу фінішної обробки великогабаритних зубчастих коліс, що має унікальні можливості з точки зору забезпечення якості і точності оброблюваних поверхонь. В той же час, його практичне використання не завжди ефективно із-за підвищеної теплової напруженості процесу і можливого виникнення припиків, мікротріщин і інших температурних дефектів на оброблюваній поверхні, які знижують якість обробки і експлуатаційні властивості оброблюваних поверхонь. Особливо це відноситься до шліфування виробів із загартованих сталей, твердих сплавів

і інших матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями, де постійно виникають проблеми, пов'язані з появою на оброблюваних поверхнях припиків, мікротріщин і інших дефектів температурного походження.

Звичайно, погіршення якості оброблюваних поверхонь знижує ефективність обробки, призводить до втрат від браку оброблюваних виробів і вимагає дослідження нових шляхів виключення цих дефектів обробки, оскільки традиційні методи шліфування не забезпечують рішення цієї задачі без зниження продуктивності обробки, а це малоефективно.

Для усунення дефектів обробки в процесі шліфування застосовують різні технологічні рішення, пов'язані в першу чергу зі зменшенням температури різання за рахунок підвищення різальної здатності інструменту і зниження інтенсивності тертя в зоні різання. Це відноситься до застосування переривчастих, імпрегнованих і високопористих абразивних шліфувальних кругів, кругів з синтетичних надтвердих матеріалів, ефективних технологічних середовищ і так далі. У ряді випадків замість шліфування застосовують фінішну лезову обробку, що забезпечує більш високі показники якості оброблюваних поверхонь внаслідок зменшення енергоємності. В той же час, і при лезовій обробці, також як і при шліфуванні, зі збільшенням продуктивності обробки силова і теплова напруженості процесу різання зростає, що знижує якість і точність оброблюваних поверхонь.

Температурний чинник при механічній обробці деталей машин стає визначальним у формуванні якості поверхневого шару 5 оброблюваної деталі, стійкості різального інструменту і продуктивності обробки. Тому дослідження ефективних шляхів зменшення температури різання і глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі, а відповідно зменшення товщини дефектного шару і виключення утворення температурних дефектів на оброблюваних поверхнях, є актуальним завданням сучасної технології машинобудування.

Актуальне також завдання підвищення продуктивності механічної обробки з урахуванням обмеження по температурі різання, спрямована на інтенсифікацію машинобудівного виробництва, і що вимагає визначення нових технологічних рішень на основі досліджень теплових процесів при шліфуванні і лезовій обробці, особливо при використанні сучасних металорізальних верстатів з ЧПУ типу "оброблювальний центр" і прогресивних абразивних і лезових інструментів, зокрема зарубіжне виробництво, характеризується високими показниками зносостійкості та різальної здатності.

У зв'язку з цим виникає необхідність теоретичного аналізу закономірностей формування параметрів теплового процесу при механічній обробці на основі розробки нових підходів і, в першу чергу, до визначення температури різання.

Важливим завданням раціонального використання процесу шліфування на фінішних операціях є завдання зниження теплової

напруженості за рахунок встановлення оптимальних режимів шліфування і характеристик кругів, застосування нових кінематичних схем шліфування і виключення інтенсивного тертя зв'язки круга з оброблюваним матеріалом - основного осередку появи температурних дефектів на оброблюваній поверхні.

Усе це обмежує можливості точного визначення температури шліфування і інших параметрів теплового процесу і вимагає отримання нового уточненого рішення, наприклад, на основі теоретичного підходу, запропонованого професором Якимовим О. В. Його суть полягає в тому, що, представляючи припуск, що знімається, у вигляді множини нескінченно тонких адіабатичних стержнів, розглядається формування температури в зоні шліфування з урахуванням перерізаня шліфувальним кругом адіабатичних стержнів, тобто з урахуванням руху теплового джерела углиб поверхневого шару оброблюваної деталі зі швидкістю, визначуваною параметрами режиму шліфування.

Такий підхід дозволяє встановити цілком конкретну глибину проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі, при якій температура набуває нульового значення. Тому в справжній роботі на цій основі отримав подальший розвиток теоретичний підхід для встановлення нових закономірностей формування параметрів теплового процесу при механічній обробці лезовими і абразивними інструментами, а також для визначення умов зниження температури різання і підвищення якості і продуктивності обробки.

Використання цього підходу не вимагає введення поправочного коефіцієнта, що враховує розподіл тепла, що йде в стружки, що утворюються, і в поверхневий шар оброблюваної деталі, як це прийнято в існуючих розрахункових схемах.

Такий поправочний коефіцієнт визначається розрахунком і дозволяє оцінити долі тепла, що йде в стружки, що утворюються, і в поверхневий шар оброблюваної деталі, як при лезовій обробці, так і при шліфуванні. Встановлено, що при лезовій обробці набагато простіше забезпечити повний перехід тепла в стружку, що утворюється, чим при шліфуванні, і досягнути поліпшення якості обробки.

Список посилань

1. Особенности эксплуатации абразивных кругов при зубошлифовании / Ф.В. Новиков, А.А. Клочко, М.И. Гасанов, Е.В. Басова, А.Н. Лищенко // Физические и компьютерные технологии. Труды 22-й Международной научно-практической конференции. 7–9 декабря 2016, г. Харьков. – Д.: Лира, 2016. –С. 110–112.

ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЛАСТИКОВЫХ ПРЕС-ФОРМ

*Нуцубидзе К.А., магистрант,
Басова Е.В., канд.техн.наук*

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
м. Харьков, Украина*

В современном мире особо широко используются изделия и детали из пластика. Пластики являются базовыми и конструкционными ресурсами преобладающего наименования деталей техники.

Основными методами массового производства изделий из пластика является литье: литье под давлением реактопластов и термопластов, литьевое прессование, прямое прессование.

Литье под давлением термопластов является основным способом переработки термопластичных материалов в изделия. Он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности из самых различных материалов.

Формообразующим инструментом при литье под давлением является пресс-форма.

На рис. 1 представлен средне статический цикл литья пластика под давлением в пресс формы.

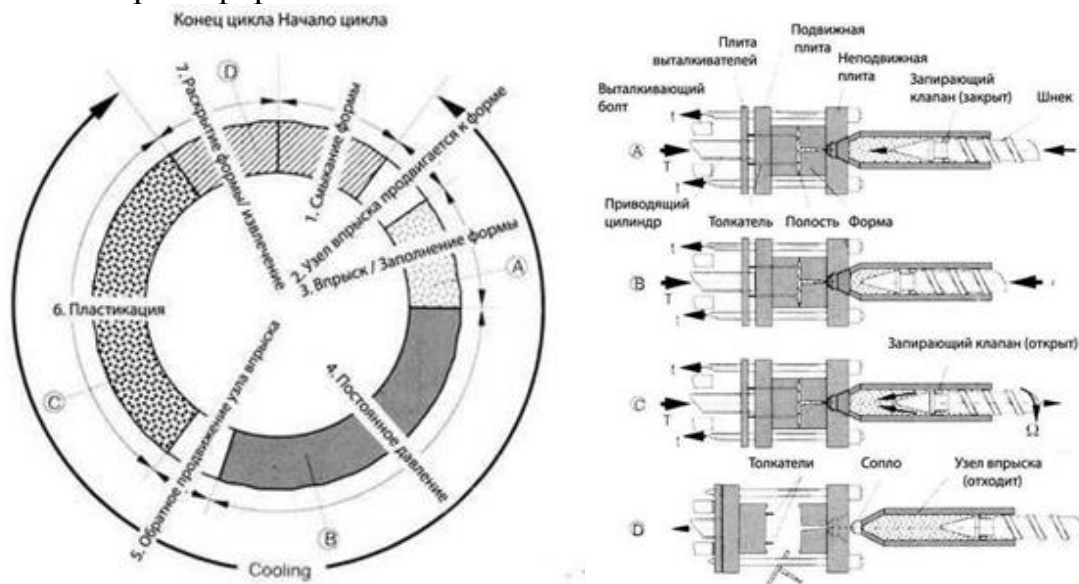


Рисунок 1 – Цикл литья под давлением

Как видно из цикла большую часть времени занимает процесс пластификации (охлаждения) материала. То есть, если сократить время пластификации можно получить экономический эффект за счет уменьшения общего времени цикла литья под давлением.

Уменьшение времени охлаждения в свою очередь возможно осуществить за счет увеличения эффективности отвода тепла из отливаемой детали и пресс-формы.

Для отвода тепла применяют систему термостатированных пресс-форм, что представляет собой систему каналов, по которым протекает хладагент.

Система каналов проектируется таким образом, чтобы равномерно отводить тепло со всей детали во избежание дефектов литья (коробления). Из-за этого сеть каналов для охлаждения может быть очень сложной, а технология их изготовления на сверлильных и фрезерных станках трудоемкой и финансовозатратной. (рис.2). Технология изготовления таких отверстий, как правило, содержит сверлильные, расточные и фрезерные операции, а получаемый результат часто не позволяет эффективно и равномерно отводить тепло.

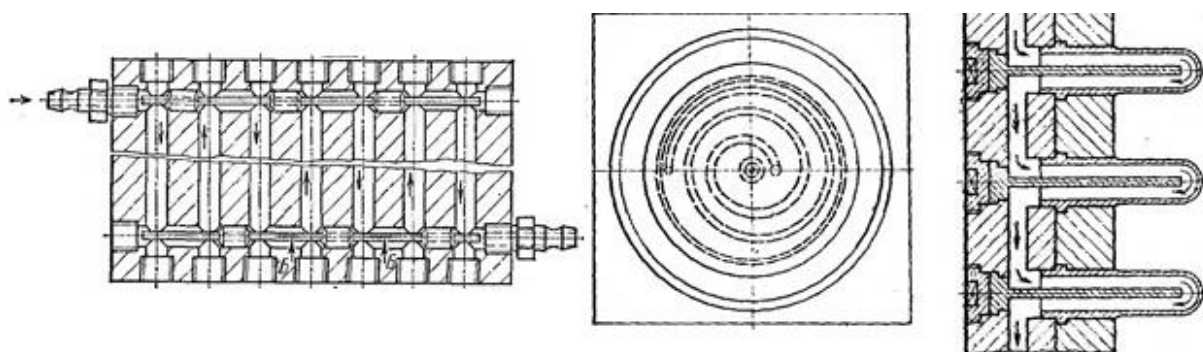


Рисунок 2 – Система каналов для охлаждения поверхностей деталей

Для решения проблемы эффективности отвода тепла из пресс-формы и отливаемой детали необходимо размещать каналы термостатической системы на оптимальном расстоянии от поверхности детали и в необходимых местах.

Предлагается создать инструмент, который позволит выполнять каналы не только с прямой осью, но и криволинейной (рис.3).

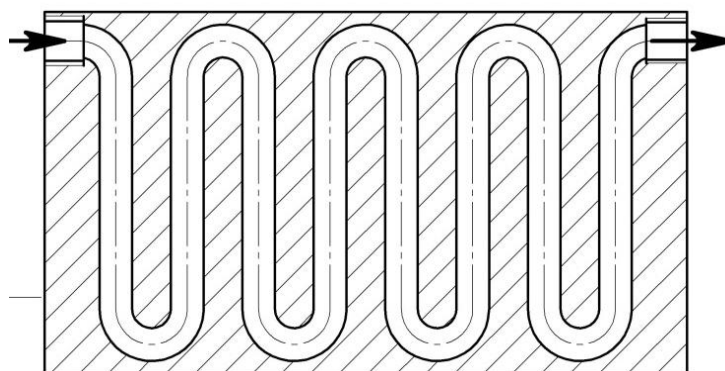


Рисунок 3 – Криволинейная траектория канала охлаждения

Из анализа современных исследований установлено, что данной проблематикой активно занимаются, однако предложенные решения пока не нашли широкого применения из-за своей сложности.

Нами предложена новая конструкция инструмента для сверления каналов с криволинейной траекторией методом электроэрозионной обработки.

Основным отличием предлагаемого технологического решения альтернативного инструмента заключается в особенности управления головкой формообразующего электрода. Особенность заключается в управлении за счет гидродинамических сил, в то время, как известные решения базируются на механическом управлении.

Предлагаемый способ обработки криволинейных каналов позволит эффективно работать электроду при длине канала более 1000 мм.

ФОРМУВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОПУСКАННІ ВАНТАЖІВ КРАНАМИ МОСТОВОГО ТИПУ

*Неженцев О.Б., канд. техн. наук, доцент,
Зелінський Б.В., студент*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Підвищення продуктивності виробничих ліній по зборці та обробці вузлів і металоконструкцій обладнання важкого машинобудування неможливе без інтенсифікації вантажно-розвантажувальних робіт з комплектуючими та матеріалами. Це призводить до підвищення динамічних навантажень в канатах, металоконструкціях та елементах приводів вантажопідйомних кранів і зменшення їх довговічності. В зв'язку з цим актуальною є задача зниження вказаних динамічних навантажень, в першу чергу при опусканні (плавній «посадці» та точному позиціонуванні) вантажів.

Зазначимо, що в робочому циклі механізму підйому крана, процеси опускання вантажу займають значно більше часу (тобто більше впливають на продуктивність кранів), ніж процеси підйому, і є більш небезпечними як з позиції збереження вантажів які транспортуються, так і безаварійності при позиціонуванні і «посадці» вантажів. Одним з найбільш ефективних шляхів здійснення плавного та точного опускання вантажів є застосування динамічного гальмування в кранових електроприводах. Тому в панелях управління силовими і магнітними контролерами механізмів підйому встановлюють пристрої, які реалізують вказаний вид гальмування двигуном (наприклад, контролери ККТ65А, ККТ69А, ТСД і ін.). Проте, не дивлячись на переваги динамічного гальмування при опусканні вантажів, вказаний режим використовується рідко оскільки немає обґрунтованих рекомендацій по вибору параметрів режиму динамічного гальмування. Це

може призвести до збільшення часу опускання вантажу, або не дозволить суттєво знизити динамічні навантаження. Тому питання формування перехідних процесів при опусканні вантажів в режимі динамічного гальмування є дуже актуальним.

Процеси опускання вантажу краном мостового типу, представленого тримасовою динамічною моделлю, описуються системами нелінійних диференціальних рівнянь [1]. Для їх інтегрування численним методом розроблена багатофункціональна комп'ютерна програма (в середовищі Delphi) [2], яка дозволяє з високою точністю розраховувати значення та будувати графіки зміни переміщень, швидкостей та прискорень зведених мас крану та вантажу, навантажень в металоконструкціях крану та канатах при опусканні вантажів в різних режимах.

Для кранів мостового типу (мостових і козлових) різної вантажопідйомності було досліджено велику кількість процесів опускання вантажів. В результаті їх обробки побудовані графіки, які відображають залежності коефіцієнту динамічності зусиль в канатах K_K , коефіцієнту динамічності зусиль в металоконструкції крану K_M , часу опускання номінального вантажу і інших параметрів від висоти опускання вантажу H та механічних характеристик електроприводу в режимі динамічного гальмування. Коефіцієнти динамічності зусиль в канатах K_K і металоконструкції крану K_M визначалися за формулами

$$K_K = \frac{P_{\kappa}^{\max}}{Q};$$

$$K_M = \frac{P_M^{\max}}{Q},$$

де P_{κ}^{\max} і P_M^{\max} – максимальні динамічні зусилля під час опускання вантажу, відповідно в канатах і металоконструкції крана;

Q – зусилля, що дорівнює силі тяжіння номінального вантажу.

В якості прикладу на рисунку наведені графіки залежностей коефіцієнтів динамічності K_K та K_M від вказаних факторів для мостового крана вантажопідйомністю 20/5 т.

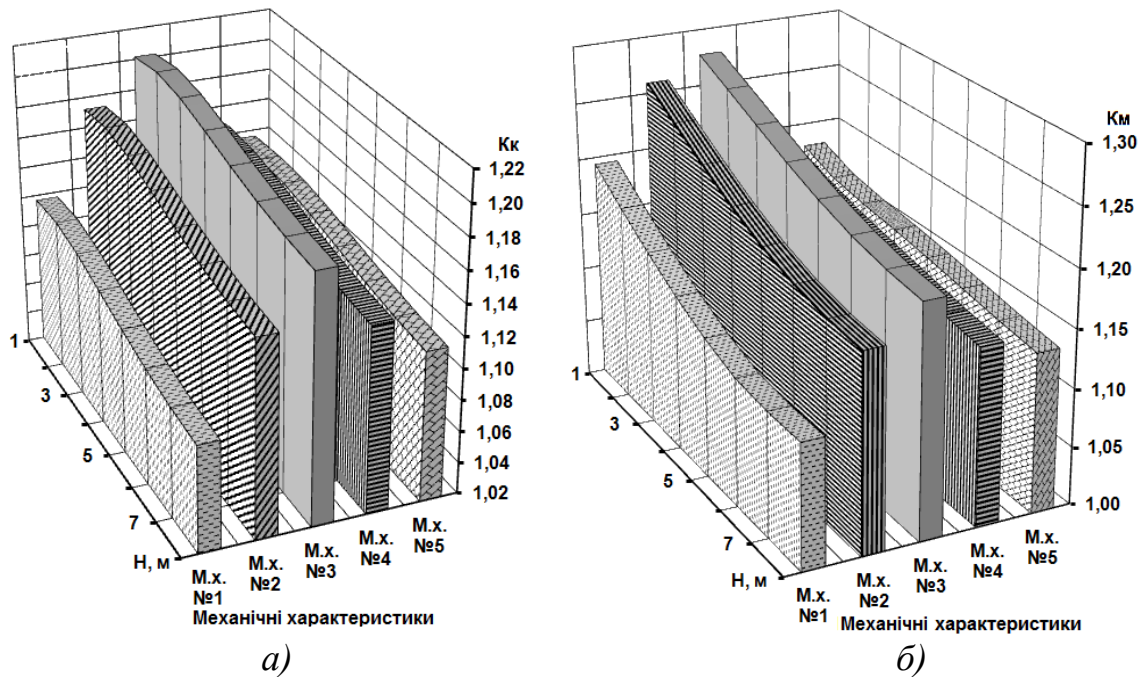


Рисунок 1 – Графіки залежності коефіцієнтів динамічності зусиль в канатах K_K (а) і зусиль в металоконструкції крану K_M (б) від висоти підйому H і механічних характеристик електроприводу при опусканні номінального вантажу в режимі динамічного гальмування

Аналіз результатів досліджень при опусканні вантажу показав, що на відміну від підйому «з підхватом» коефіцієнти динамічності навантажень в канатах K_K та металоконструкції крану K_M залежать від висоти опускання вантажу H . Вони зменшуються приблизно на 9% при збільшенні висоти опускання до 8 м. Найменші коефіцієнти динамічності K_K та K_M були отримані при опусканні по першій механічній характеристиці, найбільші – по третій. Найбільш швидке опускання вантажу було по першій механічній характеристиці, а найбільш повільне – по п'ятій. Застосування динамічного гальмування з обґрунтованими параметрами при опусканні вантажів у порівнянні з гальмуванням колодковим гальмом дозволяє знизити рівень максимальних динамічних навантажень більше ніж на 30% при зменшенні числа увімкнень електроприводу в 2 - 3 рази та суттєво зменшити час робочого циклу. Тобто формування перехідних процесів при опусканні вантажів кранами мостового типу дає змогу підвищити продуктивність виробничих ліній по зборці та обробці вузлів і металоконструкцій обладнання важкого машинобудування.

Список посилань

1. Неженцев А.Б. Анализ переходных процессов при опускании грузов кранами мостового типа / А.Б. Неженцев, С.М. Аветисян // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, № 5(135). – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – с. 122-128.

2. Аветисян С.М. Программное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 2: при работе механизмов подъема грузов / С.М. Аветисян, А.Б. Неженцев // Підйомно-транспортна техніка, № 1(9). - Дніпропетровськ, 2004. – с. 83-95.

УМЕНЬШЕНИЯ ВИБРАЦИЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦА

Пасечник К.В. магистр

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

Процесс резания любых материалов всегда сопровождается вибрациями. Появления вибраций при обработке ухудшают качество детали, поскольку они препятствуют получению необходимой поверхности и уменьшают срок службы инструментов. Вибрации возникают в результате периодически повторяющейся внешней возмущающей силы либо вследствие прерывистого характера самого процесса резания, они распространяются на режущий инструмент, заготовку, станок [1]. Геометрические параметры резцов, негативно влияющие на возникновение вибраций показаны на рис. 1.

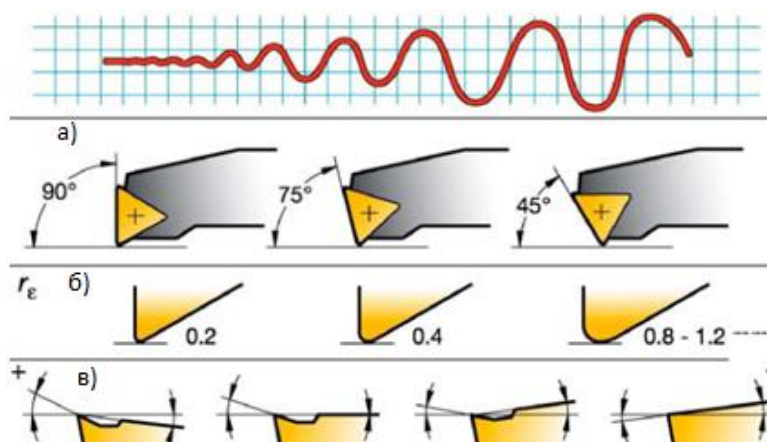


Рисунок 1 – Геометрические параметры резцов негативно влияющие на возникновение вибраций: а) главный угол в плане резца; б) радиус резца; в) противовибрационная фаска в резце [2]

Пути уменьшения вибраций: применение специальных приборов – виброгасителей, препятствующих возникновению вибраций; установка специальных средств: резиновые прокладки, манжеты, втулки; корректирования режимов резания той или иной операции и подбор инструмента, геометрических параметров. На токарных операциях одними из путей уменьшения вибраций – рациональный выбор резца и правильная его заточка: применением больших углов в плане, увеличением переднего

угла, введение фаски по передней грани при отрицательных передних углах, специальная заточка резца (введением фасок, галтелей) [2].

Однако несмотря на все перечисленные преимущества способов снижения вибраций применять их необходимо с осторожностью. Увеличение главного угла в плане резца уменьшает вибрации, но вместе с этим увеличивает интенсивность износа режущего инструмента; резцы с противовибрационной фаской следует устанавливать на высоте центральной линии станка, не всегда подойдут для обработки разных материалов заготовки. В процессе резания вибрации являются комплексной задачей, которая может быть успешно решена при учете всех возможных факторов влияния, учесть экономическую эффективность, материал самой заготовки, режущего инструмента и его подходящие геометрические параметры.

Перечень ссылок

1. Каширин А.И. Исследование вибраций при резании металлов [Текст]/ А.И. Каширин; ред. Е.А. Чудакова. – Москва; Ленинград: Изд-во Акад. Наук СССР, 1944. – 133 с.
2. Штейнберг И. С. Устранение вибраций, возникающих при резании металлов на токарном станке [Текст] / И.С. Штейнберг - М.: Машгиз, 1947. – 268 с.

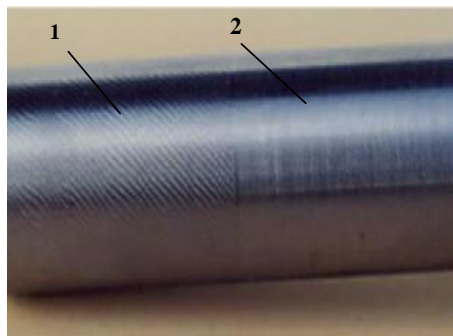
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

***Петраков Ю. В., докт. техн. наук, професор,
Трибрат К. О., магістрант***

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Для отримання якісної поверхні деталі в процесі різання необхідно забезпечити сталий рух заготовки та інструменту за теоретично розрахованою траєкторією. Однак, на практиці процес різання завжди супроводжується вібраціями, що викликає збільшення шорсткості, хвилястість на оброблюваній поверхні і навіть може привести до втрати сталості технологічної оброблюючої системи (ТОС) (рис.1).

Для зменшення коливань ТОС застосовують два основних методи керування вібраціями: активний (Active Chatter Control) і пасивний (Passive Chatter Control) [1, 2]. Активний метод керування здійснюється шляхом протидії вібраціям через спеціальне управління приводами формоутворюючих рухів на верстаті з ЧПК, пасивний метод передбачає зміну конструкції, динамічної системи, збільшення демпфірування, застосування динамічних компенсаторів коливань тощо.



*Рисунок 1 – Сліди вібрацій при точінні:
1 – без компенсації, 2 – з управлінням Spindle Speed Variation*

Провідними фірмами, наприклад Sandvik Coromant застосовуються розточні оправки з динамічним компенсатором коливань (рис. 2), що являє собою додаткову масу, яка приєднується до основної системи через пружний зв'язок і елемент в'язкого тертя.

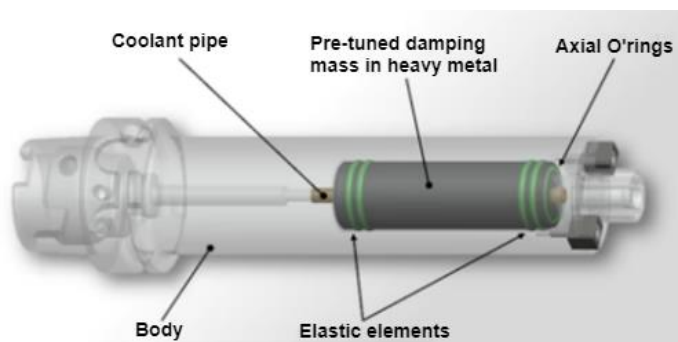


Рисунок 2 – Розточна оправка з динамічним компенсатором коливань

Проектування такої системи необхідно проводити на підставі її динамічної моделі з урахуванням процесу різання за схемою рис.3. В інженерній практиці завдання розрахунку динамічного компенсатора коливань частіше за все зводиться до вибору оптимальних маси і жорсткості компенсатора при заданому коефіцієнті в'язкого тертя, який визначається властивостями використовуваного матеріалу, як такого, що демпфірує коливання. Динамічний компенсатор коливань разом із пружною технологічною системою верстата являє собою двомасову динамічну систему, математична модель якої може бути подана у вигляді:

$$\begin{cases} H_\phi = H_s - y \\ P = k_p H_\phi \\ m_1 s^2 x = -\lambda(sx - sy) - c_1(x - y) \\ ms^2 y + \lambda sy + cy = \lambda_1(sx - sy) + c_1(x - y) + P, \end{cases} \quad (1)$$

де H_f – фактична глибина різання, H_s – задана глибина різання, P – сила різання, k_P – коефіцієнт корекції, m – маса ТОС, m_1 – маса компенсатора, c – жорсткість ТОС, c_1 – жорсткість компенсатора, λ – коефіцієнт в'язкого тертя ТОС, λ_1 – коефіцієнт в'язкого тертя компенсатора.

Для вибору критерію оптимізації можна скористатися перехідною характеристикою системи, оскільки саме вона краще за все виявляє динамічні властивості у функції часу [3]. За критерій оптимальності візьмемо інтегральний показник A якості перехідного процесу:

$$A = \frac{y_{\max}}{y_c} t_n = \sigma \cdot t_n, \quad (2)$$

де σ – відносне перерегулювання, t_n – час перехідного процесу.

Для пошуку екстремуму функції скористаємось методом Гауса-Зейделя, в площині названих параметрів компенсатора. Оптимізацію параметрів динамічного компенсатора коливань виконуємо шляхом моделювання перехідної характеристики змінюючи параметри маси і жорсткості компенсатора. Результати пошуку представлені на рис.3. Видно, що при застосуванні розрахованих параметрів динамічного компенсатора коливань, динамічні властивості ТОС, за показником динамічної якості (дивись формулу (2)) підвищились у 2,76 рази.

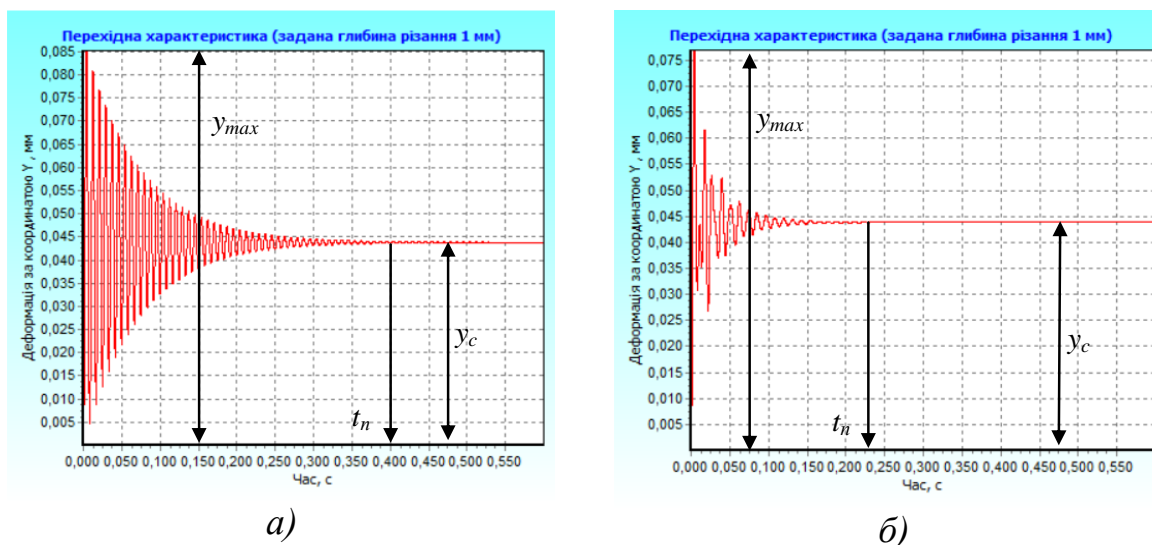


Рисунок 3 – Результати пошуку: а) – перехідна характеристика вихідної системи, б) – перехідна характеристика системи з оптимальними параметрами динамічного компенсатора коливань

Список посилань

1. Steben Y. Liang, Albert J. Shih. Analysis of Machining and Machine Tools.
2. Niels van Dijk. Active chatter control in high-speed milling processes.
3. Петраков Ю. В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник. – Київ: УкрНДІАТ, 2003.- 383с.

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ ПРИ РІЗАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ ANSYS

*Петраков Ю.В., докт. техн. наук, професор,
Штефан І.М., магістрант*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Моделювання процесу різання в САЕ-системі, дозволяє отримати потрібні дані для оцінки та аналізу процесу в реальному середовищі. ANSYS Workbench дає можливість проводити моделювання за багатоступеневим аналізом, з поетапною зміною навантаження, що фізично описує процес різання, який протікає з постійним коливанням сили різання після вривання інструменту. Для реалізації даної задачі, потрібно попередньо отримувати дані про динамічні характеристики ТОС (технологічної обробляючої системи) при різанні, зокрема перехідної характеристики процесу різання.

Метою даної роботи є моделювання процесу розточування в середовищі програмного забезпечення ANSYS Workbench.

Оскільки, використовуване програмне забезпечення не дає можливості реалізації математичної моделі процесу різання, було використано прикладну програму для визначення сили різання під час процесу розточування. За заданими параметрами процесу різання та динамічними параметрами ТОС, в прикладній програмі [1] було отримано графік зміни сили різання P_y та глибини різання H_f (Рис.1.) За даним графіком, складено таблицю вихідних даних для підготовки моделювання при багатоступеневому аналізі.

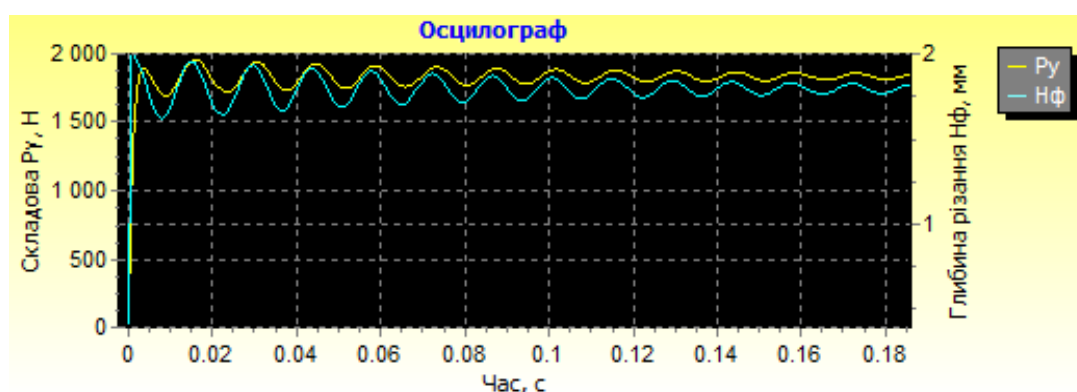


Рисунок 1 – Перехідна характеристика ТОС

В середовищі модуля ANSYS – Transient Structural було проведено підготовку до моделювання, вибрано матеріал оправки, узгоджено кінцеву геометрію об'єкта. Задання умов дослідження проведені в підмодулі Mechanical, прийнято систему координат, задано консольне закріплення об'єкта, згенеровано сітку. За алгоритмом, визначено умови динамічного

дослідження – кількість етапів, часові кроки (avg, min, max). Оскільки багатоступеневий аналіз потребує визначення параметрів кожного кроку, тому було задано дані по зміні сили різання, що були отримані раніше, на кожен крок (Рис.2.).

	Steps	Time [s]	✓ X [N]	✓ Y [N]	✓ Z [N]
1	1	0.	= 0.	= 0.	-1850.
2	1	3.e-003	= 0.	= 0.	-1850.
3	1	4.e-003	= 0.	= 0.	-1700.
4	1	9.e-003	= 0.	= 0.	-1961.
5	1	1.6e-002	= 0.	= 0.	-1720.
6	1	2.3e-002	= 0.	= 0.	-1940.
7	1	3.e-002	= 0.	= 0.	-1730.
8	1	3.7e-002	= 0.	= 0.	-1930.
9	1	5.2e-002	= 0.	= 0.	-1750.
10	1	5.9e-002	= 0.	= 0.	-1924.
11	1	6.6e-002	= 0.	= 0.	-1740.
12	1	7.3e-002	= 0.	= 0.	-1921.
13	1	8.e-002	= 0.	= 0.	-1770.
14	1	8.7e-002	= 0.	= 0.	-1893.
15	1	0.1	0.	0.	-1885.
*					

Рисунок 2 – Таблиця покрокової зміни сили різання

Отримано результат моделювання, у вигляді зображення zdeформованої борштанги (Рис.3.) та графік миттєвих переміщень вершини різця за часом, що представляє перехідну характеристику борштанги.(Рис.4.).

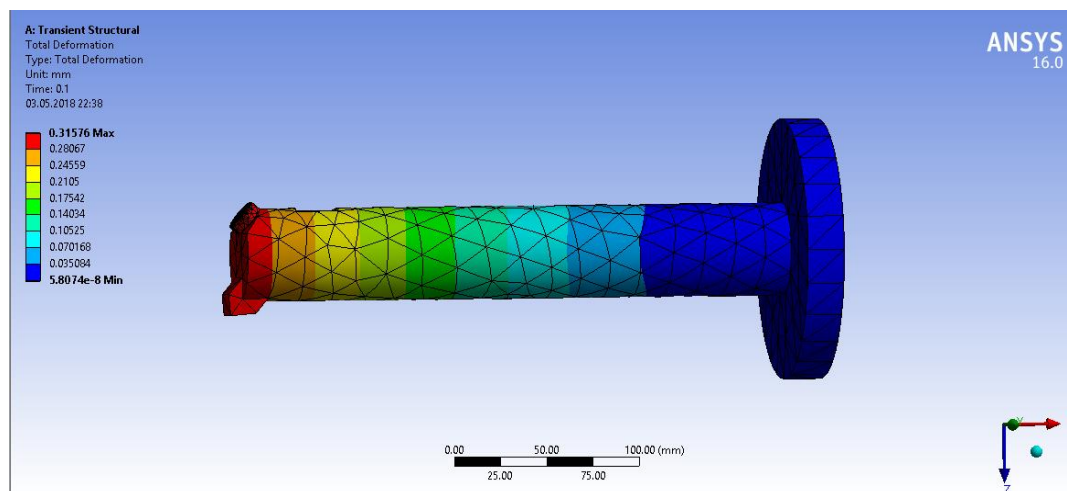


Рисунок 3 – Результат моделювання

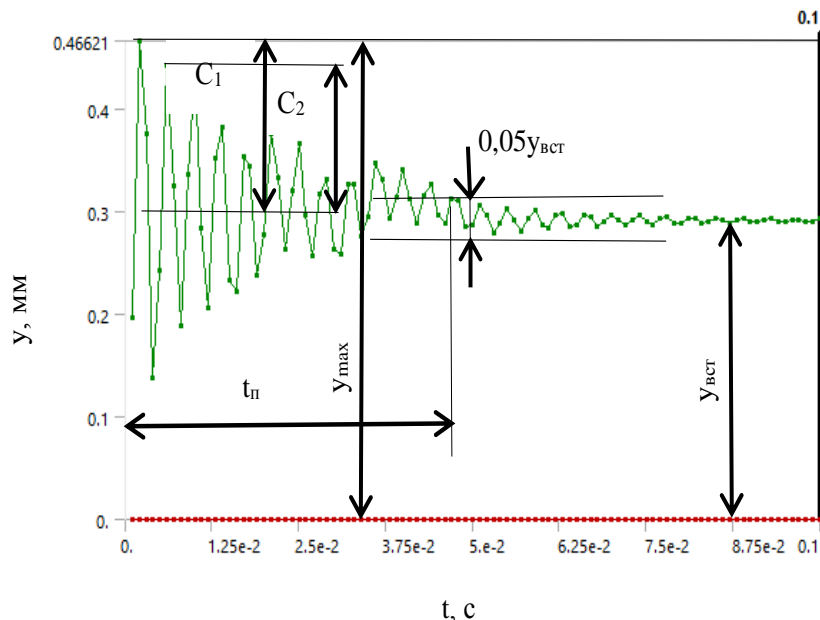


Рисунок 4 – Перехідна характеристика борштанги при розточуванні

За отриманою характеристикою перехідного процесу визначено параметри динамічної якості досліджуваної борштанги. Схильність системи до коливаль, а отже, і запас сталості, можуть бути оцінені за максимальним значенням вихідної величини y_{max} перехідної характеристики. Для порівняння систем використовують відносну величину, що для механічних систем називають підскоком:

$$\sigma = \frac{y_{max} - y_{вст}}{y_{вст}} 100\% = \frac{0,466 - 0,315}{0,315} \cdot 100\% = 47,9\%$$

Значення підскоку для систем МРВ (металорізальних верстатів) $\sigma = 0\%$, тобто є зовсім недопустимим [1]. Важливим показником для оцінки системи на сталість з кривої перехідних характеристик є затухання за період, який визначається за формулою:

$$\zeta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100\% = \frac{0,151 - 0,124}{0,151} 100\% = 17,88\%$$

Аналіз перехідної характеристики елемента ТОС, а тобто борштанги, вказує на низьку динамічну якість досліджуваного об'єкта. Компенсацію відхилень вершини різця можна проводити за рахунок активних чи пасивних методів, на основі отриманих даних після моделювання.

Список посилань

1. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник. – Київ: УкрНДІАТ, 2003.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОГО БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

*Петраков Ю.В., докт. техн. наук, професор,
Шуплєцов Д.К., аспірант*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Програма обробки будь-якої поверхні деталі на верстаті з ЧПК повинна бути «прив'язана» до окремого положення заготовки в зоні обробки. Зазвичай таке завдання вирішується двома способами: або заготовка встановлюється в пристосування, яке заздалегідь зорієнтоване щодо осей координат верстата, або заготовка встановлюється безпосередньо на столі верстата з подальшим вивірянням її фактичного положення щодо осей координат верстата.

Для реалізації першого способу необхідно забезпечити наявність базових поверхонь заготовки, якими вона встановлюється в пристосування і при виконанні таких умов прив'язка керуючої програми до фактичному стану заготовки на верстаті не викликає ускладнень. Коли необхідно виконати аналогічні операції для великогабаритних деталей (заготовок), наприклад в авіабудуванні, виникають суттєві труднощі. По-перше, установка заготовки великих габаритів і маси в потрібне положення і її вивірка займає багато часу і сил, що призводить до значної втрати часу і не гарантує оптимальне (рівномірний) розподіл припуску на оброблюваних поверхнях. По-друге, при випадковій установці заготовки, для прив'язки її положення до керуючої програми необхідно виконувати численні вимірювання її фактичного положення зазвичай контактним щупом, що також приводить до суттєвої втрати часу.

Тому науково-технічна проблема підготовки виконання керуючої програми з метою скорочення часу і забезпечення рівномірного розподілу припуску по всім оброблюваним на операції поверхонь є актуальною.

Для вирішення такої задачі була запропонована методика [1], що в автоматичному режимі за визначеними на верстаті координатами трьох будь-яких точок контуру заготовки виконує пошук оптимального розташування управляючої програми. У якості критерію оптимальності прийнято таке розташування (при русі за двома координатами і кутом повороту) при якому максимальна величина припуску за всім контуром, що обробляється, буде мінімальною. Отже, в створеній прикладній програмі пошук виконується за методом Гауса-Зейделя при порівнянні результатів на кожному кроці за розмірністю Хаусдорфа [2].

Недоліком запропонованої методики є необхідність представлення контуру деталі і заготовки у вигляді двомірних цифрових масивів у Декартовій системі координат. Якщо такі контури описані простими геометричними фігурами, то можливо створити процедури обчислення таких масивів за тригонометричними контурами, проте у більшості

випадків такої можливості не існує, або алгоритми обчислення виявляються надзвичайно складними навіть для плоских фігур.

Для спрощення процедури переходу від креслення деталі до необхідного виду цифрових моделей запропонована методика, заснована на процедурі сканування графічного зображення, представленого в відповідному графічному вікні будь-якого структурованого об'єктно-орієнтованої мови програмування, наприклад, Delphi.

Підготовка креслення передбачає деяке його доопрацювання, яка полягає в тому, що в будь-якому редакторі електронну копію креслення обробляють вручну, користуючись інструментами редактора, виділяючи лініями відповідного кольору контур деталі, що підлягає фрезеруванню. Також виділяють контур заготовки і обов'язково наносять лінію маркера для визначення реального масштабу креслення. Лінію маркера наносять, користуючись розмірними лініями креслення, що визначають будь-який конкретний розмір креслення. При виконанні таких нескладних дій кольори ліній необхідно вибирати, користуючись адитивною колірною моделлю (RGB), що дозволить однозначно вибирати відповідні точки зображення для сканування.

Підготовлене таким чином креслення, наприклад, в стандартному редакторі Microsoft Word, необхідно скопіювати в стандартний редактор Paint і зберегти рисунок у форматі 24-разрядного рисунку як файл *.bmp.

Далі використовується створена прикладна програма, частина інтерфейсу якої показана на рис.1. У вікні 1 необхідно написати адресу збереженого файлу і натиснути кнопку «Завантажити». У графічному вікні з'являється зображення креслення з виділеними раніше лініями: контур деталі - лінія 2, колір синій (RGB (0,0,200)), спроектований контур заготовки - лінія 3, колір червоний (RGB (200,0,0)), лінія розмірного маркера - лінія 4, колір зелений (RGB (0,200,0)).

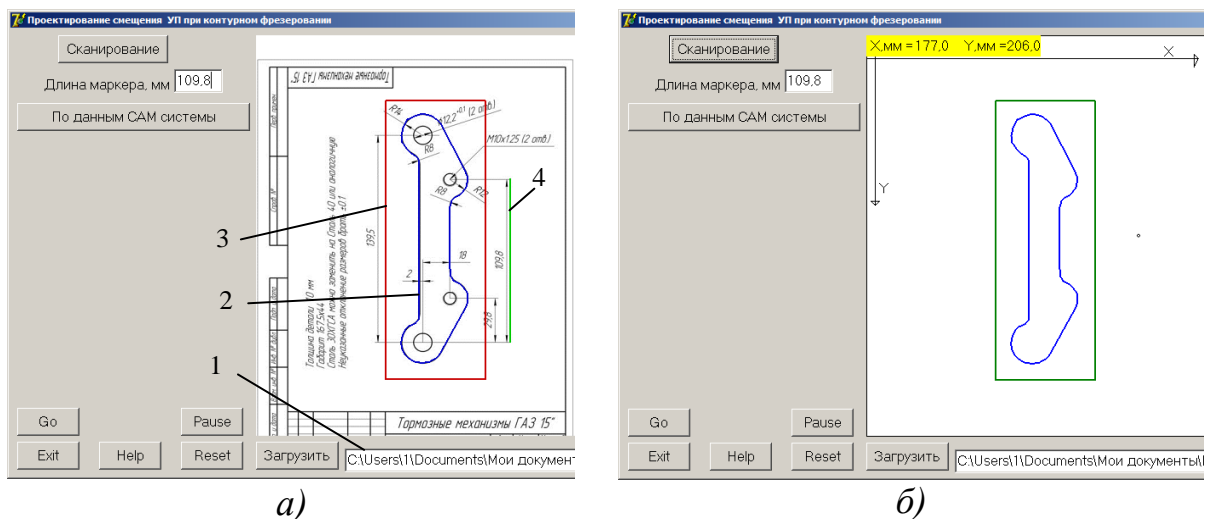


Рисунок 1 – Интерфейси програми:
а) – при завантаженні підготовленого креслення,
б) – після виконання сканування

Далі при натисканні кнопки «Сканування» включається процедура сканування графічного вікна по всім трьом кольорам з занесенням координат відповідних точок в двовимірні цифрові масиви: $D(x,y)$ - контур деталі, $Z(x,y)$ - контур заготовки. Таким чином, дискретність подання контурів становитиме один піксель екрану, що цілком достатньо для вирішення поставленого завдання. Після натискання кнопки «За даними САМ системи» зображення контурів деталі та заготовки розміщується в центрі графічного вікна (Рис.1, а), а в програмі виконуються перерахунок масивів, що представляють контури деталі і заготовки в полярну систему координат, що необхідно для подальших маніпуляцій з цими масивами у відповідності до алгоритму визначення зсуву управляючої програми по відношенню до фактично розташованої на верстаті заготовки.

Список посилань

1. Petrakov Y., Shuplietsov D. Programming of adaptive machining for end milling // Mechanics and Advanced Technologies #1 (79), 2017, pp 34-40.
2. Guthe M., Borodin P., Klein R. Fast and accurate Hausdorff distance calculation between meshes // Conference proceedings ISBN 80-903100-7-9 WSCG'2005, January 31-February 4, 2005, rk@cs.uni-bonn.de

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ЧЕРНОВОМ ТОЧЕНИИ

***Петраков Ю.В., докт. техн. наук, профессор,
Езендука Джонмару, магистрант***

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

Оптимальным управлением будем считать такое влияние на процесс резания, которое в каждый момент времени обеспечивает максимум производительности или минимум себестоимости при удовлетворении всем условиям ограничений.

Однако, при выполнении любого процесса резания каждый из его параметров меняется. Это определяется непрерывной модификацией как внешних возмущений, так и характеристик самой технологической обрабатывающей системы (ТОС). Например, при точении цилиндрической поверхности, на процесс будет действовать некоторые случайные изменения. В состав изменений входят такие параметры как изменение припуска, твердости поверхностного слоя заготовки, температурные влияния. Так же, зона обработки будет перемещаться вдоль заготовки, в результате чего меняется точка приложения силы в упругой ТОС, что приводит к изменениям упругих деформаций. Поэтому в каждый момент времени процесса для поддержания его исходных характеристик на оптимальном уровне необходимо непрерывно определять и задавать новые оптимальные величины управляющих воздействий.

Скорость удаления припуска (Material Removal Rate) при металлообработке указывает объем стружки, удаляемой из заготовки за одну минуту. MRR является показателем производительности: чем выше объем стружки, тем выше производительность процесса резания при черновой обработке. При чистовой обработке производительность лучше оценивать площадью, обработанной в единицу времени.

Для того чтобы с максимальной возможной точностью посчитать MRR, нам необходимо решить задачу оптимизации глубины резания при черновом точении с помощью разработанной модели которая реализована в прикладной программе [1]. Результаты исследований процесса резания детали из Стали 45 при следующих ограничениях: шероховатость $Rz=20\mu\text{м}$, стойкость инструмента (Т5К10) 60 мин, мощность главного привода 10кВт, сила продольной подачи 2500Н, диаметр заготовки 50мм представлены на рис. 1.



Рисунок 1 – График зависимости оптимальной MRR от глубины резания

Таким образом, оптимальная глубина резания при черновой обработке, которая обеспечивает экстремум MRR для заданных условий, составляет 2,5 мм.

Перечень ссылок

1. Петраков, Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням [Текст]/ 2014. – 81 с.

ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА В СВІТЛІ СУЧАСНИХ ТРЕНДІВ

*Подлесний С.В., канд. техн. наук, доцент,
Криворучек В.В., студент*

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Трансформація вищої інженерної освіти на сучасному етапі здійснюється в контексті глобальних тенденцій розвитку сучасної економіки, до яких відносяться становлення економіки знань та глобалізація світового господарства [1]. У всьому світі спостерігається

виражена потреба до об'єднання зусиль держав, науково-освітньої та бізнес-спільноти з метою визначення напрямків подальшого розвитку інженерної освіти з урахуванням швидкозмінних соціально-економічних реалій. Проблеми сучасної інженерної освіти виявляють сьогодні фундаментальні соціально-політичні та гуманітарні виміри. Домінуючими стають ідеї служіння освіти цілям стійкого і динамічного суспільства, яке зазнає серйозні потрясіння техногенного та соціально-політичного характеру. Світ вступає в епоху шостого технологічного укладу, головна характеристика якого - націленість на розвиток і застосування наукомістких технологій. У зв'язку з цим, важливо зрозуміти які компетенції та навички, знання й уміння будуть затребувані найближчим часом, вловити тренд і слідувати йому.

Останні роки чітко видно ключові тренди розвитку інженерної освіти. Серед деяких перспективних напрямків варто виділити:

1) реалізації безперервного освітнього ланцюжка «школа - ЗВО - підприємство» в рамках системи формування та передачі компетенцій через трансфер в промисловість затребуваного кадрового потенціалу як носія знань і технологій;

2) міждисциплінарність, знання на стику наук. STEAM - нова освітня технологія, що поєднує в собі кілька предметних областей, як інструмент розвитку критичного мислення, дослідницьких компетенцій і навичок роботи в групі. Аббревіатура STEAM розшифровується як: S - science, T - technology, E - engineering, A - art, M - mathematics. Або природничі науки, технологія, інженерне мистецтво, творчість, математика - дисципліни, які стають найбільш затребуваними в сучасному світі. Замість того щоб вивчати окремо кожен з дисциплін, STEAM інтегрує їх в єдину схему навчання. Важливою особливістю роботи за даною технологією є саме колективна робота над проектом;

3) проектний підхід - навчання в процесі роботи над реальними проектами (виконання НДДКР на замовлення промисловості) в рамках діяльності віртуальних проектно-орієнтованих команд - MultiDisciplinary Team-Based Project Work. Проектна методика навчання може бути реалізована на основі застосування міжнародних стандартів ENQA, EAFSG і CDIO [2];

4) реалізація принципу наступності і неперервності освіти, додаткова освіта як більш гнучка, мобільна і не регламентоване стандартами;

5) застосування багатокомпонентної функціональної моделі, що зв'язує разом системи управління навчальним контентом (CMS - Content Management System), управління навчальним процесом (LMS - Learning Management System), розробки освітнього контенту (CDS - Content Development System), комунікацій між тими, хто навчається, тьюторами і адміністрацією (електронна пошта, чат, відеоконференцзв'язок і IP-телефонія), а також освітній контент, основу якого складають електронні навчально-методичні комплекси дисциплін (ЕНМКД), що містять текст,

малюнки, відео і мультимедійні ЕНМКД. Для формування ЕНМКД в даний час є безліч систем розробки контенту. Їх загальною властивістю є підтримка стандарту SCORM (Sharable Content Object Reference Model);

6) Smart-навчання (в перекладі «розумний», «інтелектуальний»)
- складається з злиття онлайн-ного розподілу програмного забезпечення і контенту в формі мультимедіа. Ключові аспекти сучасного Smart-навчання - створення гнучкої і відкритого середовища навчання з використанням гаджетів, відкритих освітніх ресурсів, систем управління. У середовищі Smart-навчання створюються умови для реалізації проголошеного ЮНЕСКО провідного принципу освіти XXI століття "освіта для всіх» і «освіта через усе життя» - «Life Long Learning (LLL)». Smart-навчання дозволить підвищити доступність освіти «завжди, скрізь і в будь-який час». Головна мета Smart-навчання - створення середовища, яке забезпечує високий рівень конкурентоспроможної освіти за рахунок розвитку в учнів знань і навичок сучасного суспільства XXI століття: співпраця, комунікацію, соціальну відповідальність, здатність критично мислити, оперативно і якісно вирішувати проблеми;

7) застосування нових методик навчання - змішаного (Blended Learning) і перевернутого (Flipped Classroom), поширення подкастів і інші;

8) введення в навчання освітніх ігор, гейміфікація;

9) використання систем віртуальної і додаткової реальності, віртуальних лабораторій;

10) MOOC (Massive Open Online Courses) -технології в on-line навчанні. В процесі створення і реалізації MOOC беруть участь найбільші університети світу: Стенфорд, Гарвард, Массачусетський технологічний інститут, Берклі, Браун, Колумбійський університет, Лондонський університет, Федеральна політехнічна школа Лозанни, Единбурзький університет, Оксфорд, Кембридж та багато інших. Единбурзький університет, Оксфорд, Кембридж та багато інших;

11) персоналізація освіти. Індивідуальні траєкторії розвитку особистості; індивідуальний навчальний план; набір курсів додаткових до обов'язкового; навчання кожного учня за індивідуальними програмами. Інтерактивна карта траєкторій;

12) метакомпетентність освіти - комплексний ресурс, можливість ефективної і різнобічної навчально-дослідницької та проектної діяльності;

13) боротьба за таланти. Системний характер роботи з обдарованими: розширення вертикальних зв'язків, договірних відносин з роботодавцями з метою вирішення завдань профорієнтації, професійної підготовки і працевлаштування інтелектуальної еліти;

14) пошуки моделі якості освіти, зміщення фокусу уваги з підсумкових оцінок на проміжні результати для вибудовування стратегії навчання; зміна оцінки на визнання досягнень (паспорт компетенцій і прецедентів; система peer-evaluation (експертна оцінка) + гейміфікація процесу навчання (колективна оцінка, «плей-листи» на тиждень / місяць /

рік, бейджи і досягнення замість оцінок); онлайн-рейтинг викладачів виходячи з успішності студентів;

В майбутньому фахівцям потрібно буде все частіше поповнювати запас своїх особистих компетенцій, отримувати нові навички, які будуть актуальні і затребувані в стрімко розвивається. Серед прогнозованих актуальних навичок: системне мислення; екологічне мислення; програмування/робототехніка/штучний інтелект; робота в умовах невизначеності; міжгалузева комунікація; клієнтоорієнтованість і робота з людьми; управління проектами; мультикультурність і багатомовність.

Знання англійської мови перестає бути конкурентною перевагою на ринку праці, а стає необхідністю для будь-якого фахівця.

Список посилань

1. Подлесний С. В. Інноваційна модель підготовки інженерних кадрів / С. В. Подлесний, О. В. Періг // Вища освіта України: теорет. та наук.-метод. часопис/ Ін-т вищ. освіти НАПН України (К.). – К.: Педагогічна преса. – 2014. – № 2. – С. 61 – 66.

2. Подлесний С.В. Реформування технічної освіти України на основі застосування міжнародних стандартів EAFSG і CDIO / Подлесний С.В., Тарасов О.Ф., Періг О.В. // Вища школа. 2017. № 10 (159). – С. 7-22.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Полянский В. И., канд. техн. наук
ООО «Империя металлов», г. Харьков, Украина*

Повышение качества и производительности обработки при изготовлении высокоточных деталей машин из материалов с повышенными физико-механическими свойствами является важнейшим условием создания конкурентоспособной машиностроительной продукции. В успешном решении этой задачи важная роль принадлежит применению современных высокооборотных металлорежущих станков с ЧПУ и режущих инструментов с износостойкими покрытиями, обеспечивающих поддержание высокой режущей способности при повышенных температурах резания. В связи с этим, в ООО «Империя металлов» (г. Харьков) механическая обработка различных изделий производится исключительно на современных станках с ЧПУ с использованием режущих инструментов зарубежного производства в условиях высокоскоростной обработки. Это позволяет многократно повысить производительность и добиться высоких показателей качества обработки. Специалисты ООО «Империя металлов» также предлагают новые типы станков с ЧПУ и режущих инструментов для широкого применения на различных предприятиях Украины. Так, в последние годы накоплен значительный опыт их применения как в собственном производстве, так и на других промышленных предприятиях режущих инструментов японской

компании SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD с режущими пластинами из новых сплавов AC6030M и AC6040M (рис. 1, а) для токарной обработки нержавеющей стали. Сплав AC6030M имеет CVD покрытие «Absotech Platinum» и является основным выбором для общих условий обработки нержавеющей стали, обеспечивает значительное снижение вероятности внезапных поломок и стабильную длительную обработку благодаря увеличенной прочности и стойкости к отслоению покрытия. Сплав AC6030M имеет PVD покрытие «Absotech Bronze» и особо жёсткую твердосплавную основу, что повышает надёжность при обработке с ударами (прерывистом резании) благодаря хорошей адгезионной связи с основой и стойкости к отслоению нового PVD покрытия. Сплав имеет увеличенную стойкость к образованию трещин твердосплавной основы.

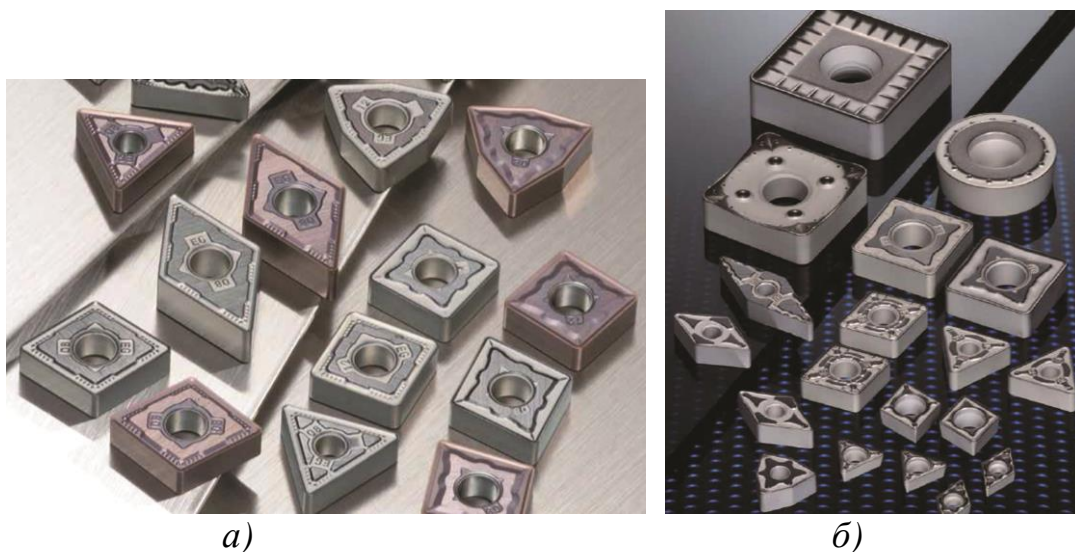


Рисунок 1 – Режущие пластины для обработки нержавеющей стали (а) и сталей (б)

Режущие пластины из нового основного сплава AC8025 (рис. 1, б) с износостойким покрытием на основе борида титана для общей обработки сталей позволяют достичь высокой адгезионной стойкости при высоком качестве обрабатываемой поверхности и высокой стабильности обработки. Режущие пластины из сплавов серии АСМ (рис. 2, а) предназначены для фрезерования закаленных и нержавеющей сталей. Сплавы АСМ100 и АСМ300 имеют повышенную износостойкость благодаря высокопрочной мелкозернистой твердосплавной основе и новому «Super ZX» покрытию, обеспечивают увеличение стойкости до 2 раз по сравнению с обычными сплавами при тех же режимах резания. Сплав АСМ200 имеет высокую адгезионную стойкость и стойкость к выкрашиванию благодаря гладкости CVD покрытия и новой технологии контроля покрытий.

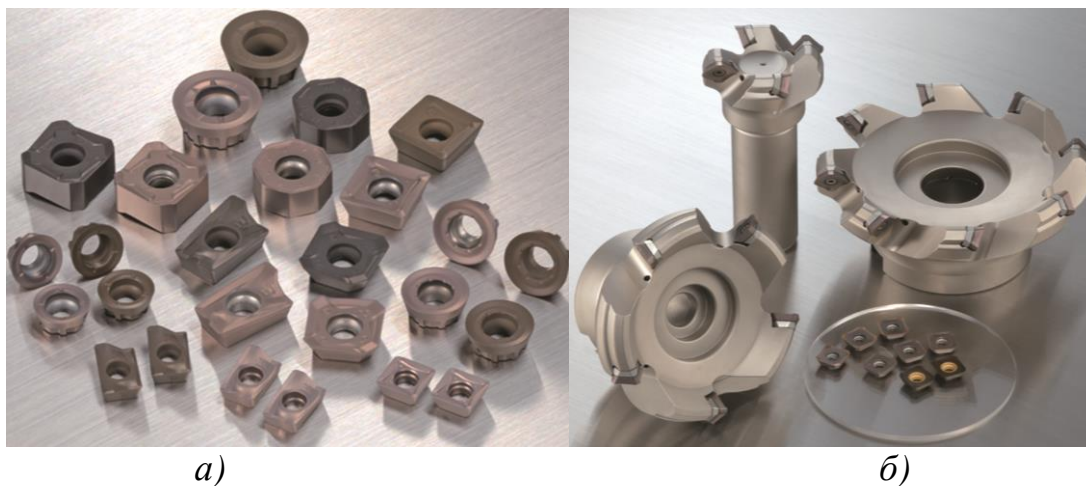


Рисунок 2 – Режущие пластины из сплавов серии ACM (а) и фреза серии WGХ (б)

Фреза серии WGХ с уникальной формой стружколома для снижения усилий резания и высокого качества обработанной поверхности (рис. 2, б) по сравнению с обычным инструментом обеспечивает значительное расширение перечня применяемых сплавов и стружколомов для обработки нержавеющей стали и экзотических сплавов. Повышенная точность и уникальная форма стружколома с *wiper* геометрией способствуют высокому качеству обрабатываемой поверхности, а наличие фаски снижает величину заусенца и выкрашивание кромки.

К основным преимуществам серии фрез DGC типа (рис. 3) можно отнести высокое качество обрабатываемой поверхности аналогичное фрезам с односторонними пластинами на глубине резания до 3 мм благодаря двухсторонней геометрии с высокой остротой режущих кромок. На корпус фрез данной серии можно устанавливать два вида пластин, двухстороннюю на восемь вершин либо двухстороннюю на шестнадцать вершин, что позволяет существенно снизить стоимость инструмента.



Рисунок 3 – Фрезы DGC типа

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Пыжов И.Н., докт. техн. наук, профессор,
Волошкина И.В., аспирант*

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
м. Харьков, Украина*

В различных отраслях промышленности уже используется значительное количество режущего инструмента и изделий из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ), однако сдерживающим фактором является сложность их обработки. Это связано в первую очередь с тем, что ПСТМ являются самыми твердыми материалами в природе. Сказанное свидетельствует об актуальности выбранной темы.

В последние годы для изготовления изделий из ПСТМ находят применение электроэрозионные процессы [1-3] и лазерные технологии [4]. В первом случае предполагается, что ПСТМ имеют достаточную электрическую проводимость (удельное электрическое сопротивление не более 0,1 Ом м [1] или объемное содержание металлофазы не менее 3,6% [3]). Второй способ может быть использован для обработки любых ПСТМ.

Однако наиболее распространенным методом обработки ПСТМ в настоящее время по-прежнему остается алмазное шлифование [5-7].

Целью представленной работы является анализ путей повышения эффективности процесса шлифования ПСТМ алмазными кругами на различных связках.

Ранее было установлена такая физическая и технологическая особенность и закономерность этого процесса, которая заключается в ярко выраженной периодичности изменения во времени выходных показателей шлифования. В связи с этим была сформулирована научная гипотеза работы, которая состоит в том, что на базе раскрытия физической сущности периодичности процесса шлифования ПСТМ можно предложить пути существенного повышения его эффективности.

Особенностью процесса шлифования ПСТМ с непрерывным автономным управлением режущим рельефом рабочей поверхности алмазного круга на металлической связке [5-6] является то, что в процессе обработки с одной стороны происходит постоянное затупление острых кромок алмазных зерен, что ведет к возникновению площадок износа и прекращению съема припуска с ПСТМ, а с другой непрерывное удаление связки круга электрохимическим способом, что приводит к увеличению высоты выступания зерен над уровнем связки, а, следовательно, к возобновлению процесса самозатачивания алмазных зерен с образованием на них острых микро- и субмикромом. Одновременное действие этих явлений и порождает такую особенность процесса как его периодичность (изменение значений выходных показателей обработки во времени, рис. 1).

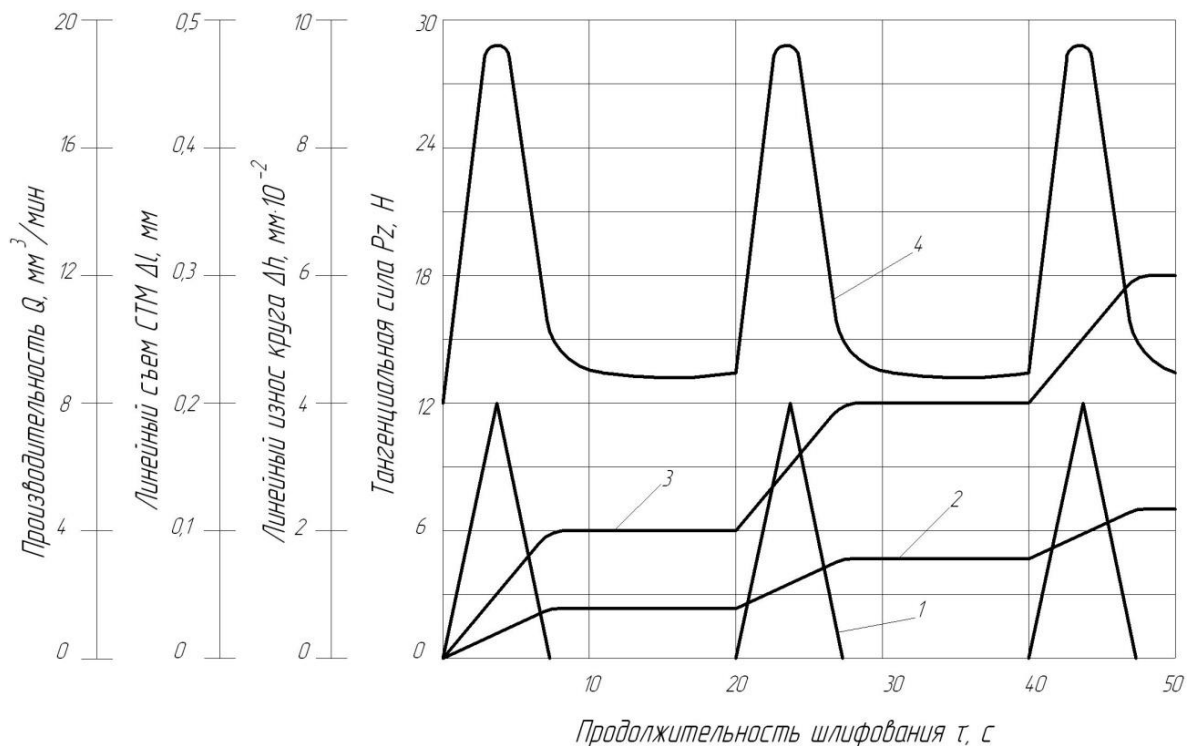


Рисунок 1 – Периодичность изменения показателей процесса шлифования во времени при обработке синтетического алмаза с электрохимическим управлением режущим рельефом круга (1 – Q ; 2 – Δl ; 3 – Δh ; 4 – P_z).
 Условия обработки: круг 12A2-45 150x10x3x32 AC6 125/100 A1 ПМ12 100%; $V_k = 30$ м/с; $S_{np} = 1$ м/мин; $P_n = 2,5$ МПа; $I = 30$ А

Анализ имеющихся экспериментальных данных свидетельствует о том, что периодичность изменения показателей процесса шлифования во времени при обработке ПСТМ свидетельствует о недоиспользовании потенциально высокой режущей способности алмазных кругов [5-7].

Рассмотрев характер износа алмазных кругов и изменение выходных показателей обработки можно предположить, что если скорость удаления связки будет равняться скорости износа алмазных зерен, имеющих критическую высоту, то будет обеспечено непрерывное самозатачивание алмазных зерен, что в свою очередь приведет к существенному повышению производительности процесса. Путем регулирования силы тока в цепи управления (скоростью удаления связки) можно управлять параметрами периодичности. Однако одним из существенных недостатков такого способа обработки является несовпадение оптимумов производительности и удельного расхода алмазов круга. Одна из основных причин этого недостатка кроется в несоответствии числа алмазных зерен, находящихся в контакте с ПСТМ, их некоему оптимальному значению для данных условий шлифования [5-7]. Решить эту задачу представляется возможным путем вскрытия физической сущности периодичности процесса шлифования. Для этого предполагается в дальнейшем использование концепции 3D моделирования напряженно-

деформированного состояния системы шлифования [8], которая базируется на методе конечных элементов.

Выводы: данная работа имеет существенное значение для более полной реализации потенциально высокой режущей способности алмазных кругов при обработке ПСТМ. Основным направлением дальнейших исследований по совершенствованию процессов шлифования ПСТМ кругами на различных связках является установление физики процессов, происходящих в зоне обработки. Для этого предполагается использование концепции 3D моделирования напряженно-деформированного состояния шлифования.

Перечень ссылок

1. König W. *Technische Keramiken funkenerosiv bearbeiten* / König W., Panten U., Dauw D., Levy G. // *Werkstoff und Betrieb*. - 1989. - 122. - №8, - S. 665-668.

2. Horst Lach 25 Jahre funkenerosive Bearbeitung von PKD bei Lach [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.idronline.com/german/pages/archive/2004_2/05_art/Art05_02_04.htm.

3. Магазеев М.Г. *Повышение эффективности изготовления профильных инструментов из сверхтвердых и керамических материалов за счет сочетания электроэрозионной и алмазной обработки*: дис...канд. техн. наук: 05.03.01 / Магазеев Михаил Геннадиевич. - Харьков, 1997. - 204с.

4. *Laser-Technologie zum Trennen von PKD-Ronden* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.idronline.com/german/pages/archive/2003_3/09_art/Art09_03_03.htm.

5. Грабченко А.И. *Повышение производительности шлифования ПСТМ с управлением режущим рельефом круга* / Грабченко А.И., Пыжов И.Н // *Сверхтвердые материалы*. – 1982. – № 5. – С. 34-37.

6. Грабченко А. И. *Повышение режущей способности токопроводящих алмазных кругов в комбинированных процессах шлифования ПСТМ* / А. И. Грабченко, И. Н. Пыжов, Д. М. Алексеенко // *Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки»*, 2011. - №1, т. 1. – С. 105 – 116.

7. Грабченко А.И. *Особенности контактного взаимодействия алмазных кругов с СТМ при шлифовании* / Грабченко А. И., Пыжов И. Н. - В кн.: *Контактные процессы при больших пластических деформациях*. - Харьков: Вища школа, 1982. - С. 33-37.

8. Грабченко А. И. *3D моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования*: Учеб. пособие / А. И. Грабченко, В. Л. Доброскок, В. А. Федорович. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 364 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 3D-ПРИНТЕРА НА БАЗЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Солнцев А.В, студент,

Кузнецов Ю.Н, докт. техн. наук, профессор

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского» г. Киев, Украина

Сегодня основной чертой современности стала нагрянувшая четвёртая промышленная революция “Industry 4.0” с ориентацией на искусственный интеллект и полную автоматизацию с применением

роботов робототехнических систем, средств информатизации и коммуникации, а также всего, что касается общества, бизнеса, производственных технологий и образования [3].

В условиях “Industry 4.0” будущее принадлежит аддитивным (добавочным) технологиям [2], которые согласно стандарта ASTM F2792.1549323-16 представляют процесс объединения материалов с целью создания объектов с данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от субтрактивных (отнимающих) производственных технологий (математическую модель с монитора компьютера можно легко и быстро «материализовать» непосредственно без изготовления рабочих чертежей, технологических карт и специального оснащения).

Известны следующие виды аддитивных технологий [3]:

Stereolithography (SLA) – выращивание модели из смолы, которая фотополимеризуется под действием ультрафиолетового лазерного излучения.

Selective Laser Sintering (SLS)–спекание послойно лазерным лучом покрытого связующим пластиком порошка из стали, крахмала или керамики.

ColorJet Printing (CJP) – трёхмерная цветная печать концептуальных, архитектурных и демонстрационных моделей (прозрачных или с покрытием).

MultiJet Printing (MJP)–использование двух материалов (строительно-модельного и скрепляющего для предотвращения обвала нависающих частей, которые после построения модели смывают горячей водой) и модельного материала, например, фотополимерную смолу подают в зону строения через многосопловую головку.

PlasticJet Printing (PJP) – подвод к экструдеру полимерной нитки, её расплавление, осаждение формирование физической модели в соответствии с конфигурацией пересечения виртуальной CAD-модели.

Для прямой печати металла используют **Direct Metal Printing (DMP)**, а кроме **SLS** применяют **SLM** и **EBM**.

Неотъемлемой составляющей проектирования и оптимизации любой робототехнической системы является динамический анализ.

На первом этапе динамического анализа 3D -принтера на основе триглайда (рис.1) была использована САПР, в которой он проектировался – Autodesk Inventor (AI) и ее модуль «Динамическое моделирование», с помощью которого выясняется каким образом детали реагируют (со структурной точки зрения) на динамические нагрузки в любой точке диапазона движений сборки. [1].

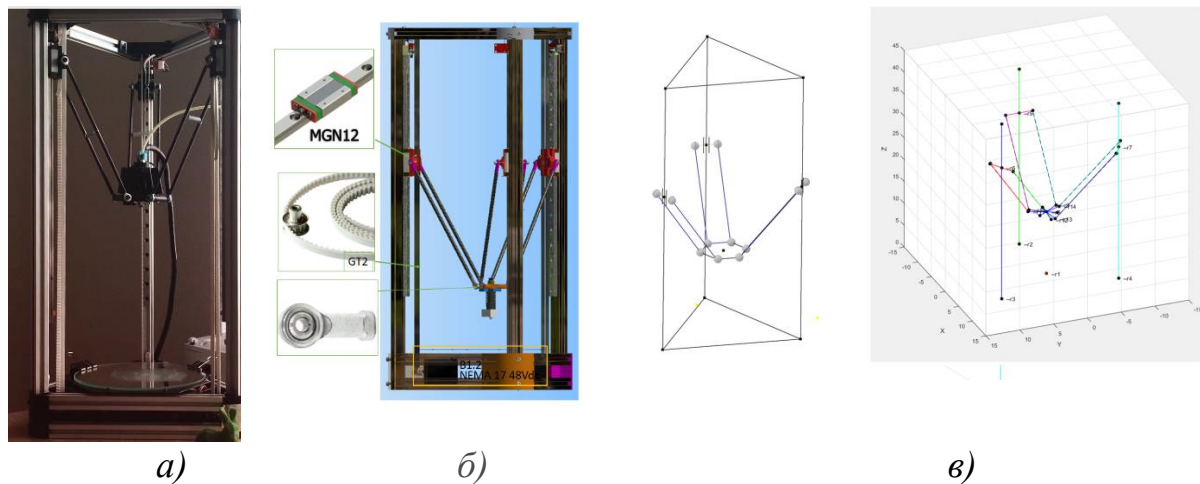


Рисунок 1 – 3D-принтер на основе триглайда: а) рабочий прототип – 3D-модель в CAD Autodesk Inventor ;– б) кинематическая схема; в) реализация модели для анализа в MATLAB

Проведенный силовой анализ позволил решить обратную задачу кинематики и определить величину массы, которую можно переместить по траектории, показанной на рис. 2, при условии, что приводной является только одна из осей. Кроме того, необходимо определить силы реакции в сферических шарнирах параллельных штанг постоянной длины. Это в дальнейшем было использовано для оптимизации штанг с помощью МКЭ [6]. Имея характеристики шагового двигателя NEMA 17 45VDC и геометрические параметры ременного привода, с помощью функции AI «Неизвестная сила» были получены характеристики механизма, показанные на рис. 2, б.

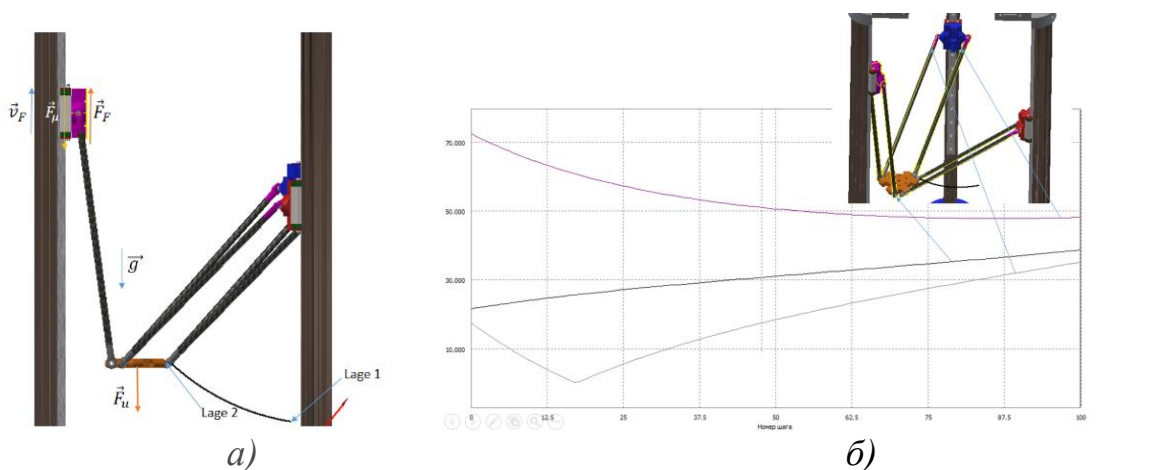


Рисунок 2 – Схема нагружения триглайда при перемещении рабочей платформы из положения 1 в положение 2 посредством одной приводной координаты (а) и силы реакции, возникающие в сферических шарнирах при выполнении передвижения (б)

В процессе эксплуатации опытного образца 3D -принтера, было установлено, что при высокоскоростной печати точных изделий во время микроперемещений рабочего органа возникают неточности волнистого характера. Поэтому было решено провести анализ ременного привода, как упруго элемента динамической системы. Для этого было выдвинуто предположение, что ременной привод можно представить как систему упругих элементов, что показано на рис.3, а (сверху слева). Соответствующая модель была построена в среде динамического моделирования. На одну из координат от мотора подается единичный импульс. При этом учитывается, что ремень находится в состоянии предварительного натяжения. Как результат были получены колебания рабочего органа при разных коэффициентах трения и демпфирования в направляющих.

В дальнейшем планируется с помощью функции «Ссылка» и «Условие» в среде «Графического моделирования» АІ создать модель, которая бы позволила оценивать динамические характеристики 3D-принтера при учете одновременного движения трёх координат на относительно большие расстояния. При этом необходимо учитывать, что коэффициент упругости в модели ремня больше не является постоянным (константой), как в случае с микроперемещениями, а зависит от положения каретки.

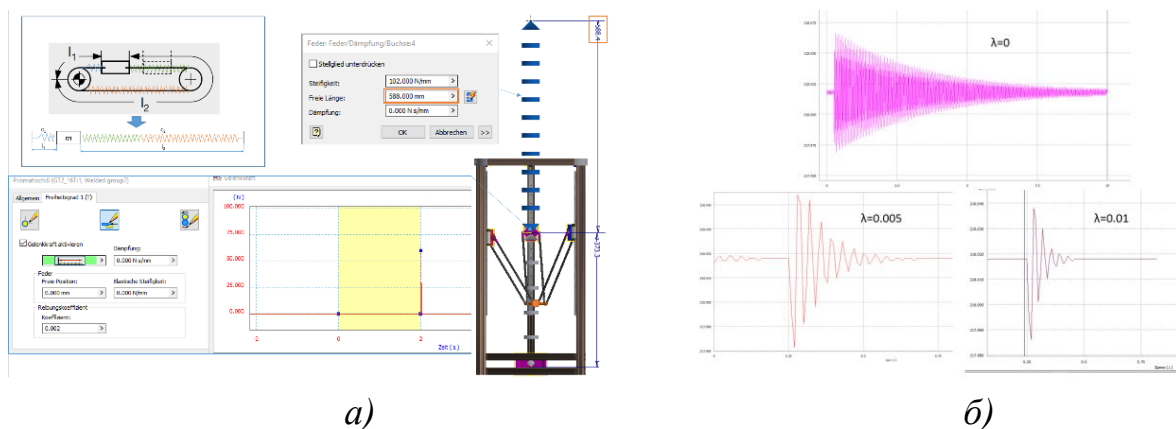


Рисунок 3 – Создание модели для анализа влияния ремня как упругого элемента на работу системы(а) и результаты анализа при разных коэффициентах дэмпфирования (б)

Перечень ссылок

1. Autodesk. (2018). Динамическое моделирование. Получено из Autodesk Knowledge Network: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/RUS/Inventor-Help/files/GUID-52759907-19F4-4D20-A950-C70F1EA7D751-htm.html>
2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров /М.А.Зленко, М.В.Нагайцев, В.М.Довбыш.-М.:ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»,2015.-220с.

3. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления: Монография / Под ред. Л.Л. Таважнянского. А.И. Грабченко. Харьков: ОАО «Модель Вселенной», 2012. 140 с.
4. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины.//Вестник ХНТУ, №2(61).- С.67-75.
5. Солнцев О.В., Кузнецов Ю.М. Створення 3D-принтера на базі триглайда з використанням методу морфологічного аналізу /ІІ Всеукраїнська інтернет-конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє». Збірник тез доповідей. Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2017. – С. 158-163.
6. Циенькиевисж, О. Ц. (1977). Introductory Lectures on the Finite Element Method. Springer.

КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ НАГРЕТЫХ ИЗДЕЛИЙ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Сус С. П., канд., техн., наук., доцент

Донбасская государственная машиностроительная академия, м. Краматорск, Украина

При термической обработке изделий весьма актуальными являются вопросы выбора и исследования методов контроля их положения.

Цель данной работы – выбор метода и определение информативных параметров при контроле положения изделий в термических установках.

Анализ существующих методов [1] показал, что для указанного контроля наиболее приемлемым является фотоэлектрический метод. В этом случае источник зондирующего оптического сигнала (ЗОС) размещается с одной стороны установки, а приемник – с противоположной стороны установки. Движущиеся в термической установке изделия являются индицируемыми объектами (ИО).

Определена совокупность внешних факторов, затрудняющих применение фотоэлектрического метода. Установлено, что при применении указанного метода печная среда будет оптическим каналом связи, свойства которого значительно отличаются от свойств хорошо изученной атмосферы [2]. С одной стороны, канал связи подавляет ЗОС, что предопределяет рабочий оптический диапазон, а с другой стороны — является мощным источником помех, а это ограничивает форму сигнала и способы его обработки.

Так как оптический канал связи является неоднородной средой, то коэффициент пропускания определяется поглощением и рассеянием ЗОС [2].

На практике чаще всего для характеристики среды используют коэффициент пропускания.

Основная трудность при расчете поглощения заключается в определении интенсивности и полуширины спектральных линий.

Для выбора оптимальных параметров ЗОС можно использовать табличные данные из [2], где указаны линии поглощения H_2O , CO_2 , CO и O_2 . Достаточно хорошие результаты дает применение метода эффективной поглощающей массы или аппроксимации Куртиса-Годсона.

Используя уравнение линии поглощения H_2O , CO_2 , CO и O_2 установлено, что наиболее сильной и широкой является полоса поглощения парама воды, занимающая по длине волны диапазон от 5,5 до 7,5 мкм. Минимальное поглощение будет в диапазоне от 1,2 до 5,0 мкм. В диапазоне от 0,7 до 1,05 мкм существует опасность попадания в полосу поглощения CO_2 , CO или O_2 .

В полученных диапазонах, согласно теории Кабанна-Релея, молекулярное рассеяние не превышает 3%, а основным будет аэрозольное ослабление (Ми — рассеяние), часть которого в виде рассеянного “вперед” излучения попадет на вход приемника и исказит информацию. Проведенные исследования показали, что при угловом поле приемника меньше 10^0 рассеянием “вперед” практически можно пренебречь.

Значительное изменение температуры по длине оптического канала связи приводит к появлению неоднородностей и к изменению показателя преломления, что сказывается на величине мощности ЗОС, поступающей на вход приемника. На модели оптического канала связи проведены исследования углового отклонения оптического луча и установлено, что максимальное отклонение при длине волны 0,6328 и 0,95 мкм не превышает 4,5 угловых минут. Исходя из этого получены выражения, связывающие соотношения диаметров приемной оптической системы D_{Π} и оптического луча в месте приема $D_{\text{л}}$.

$$D_n \geq D_{\text{л}} + 2 \cdot \Delta D_{\text{л}} = 2 \cdot L_k \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\Omega_u}{2} + 8 \cdot 10^{-4} \right), \quad (1)$$

$$D_n \leq D_{\text{л}} - 2 \cdot \Delta D_{\text{л}} = 2 \cdot L_k \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\Omega_u}{2} - 8 \cdot 10^{-4} \right), \quad (2)$$

где Ω_u — плоский угол раствора оптического луча;

L_k — расстояние от приемника до источника (длина оптического луча);

$\Delta D_{\text{л}}$ — максимальное отклонение оптического луча в месте приема.

Поскольку выполнить условие (1) при $L_k > 15$ м технически невозможно, то минимальный диаметр оптического луча в месте приема необходимо рассчитывать по выражению (2), то есть:

$$D_{\text{лmin}} = 16 \cdot 10^{-4} \cdot L_k + D_n. \quad (3)$$

Результаты выполненных исследований позволили выбрать оптимальные параметры ЗОС. Исходя из минимального ослабления и получения максимального различия между помехами и информационным сигналом, рабочим следует выбрать оптический диапазон от 0,7 до 1,05

мкм. Для эффективного использования энергии сигнала, его необходимо формировать в виде оптических импульсов длительностью от 1 до 10 мкс и частотой следования не менее 500 Гц.

По результатам исследований изготовлены и испытаны несколько экспериментальных образцов устройств контроля. Результаты испытаний подтвердили полученные теоретические положения.

Перечень ссылок

1. А.С. №1672186 СССР, МКИ 5F27D19/00. Устройство для определения наличия завала обжигаемых изделий в печи / Тырса В.Е., Сус С.П., Сагайда И.М., Срыбник М.В. Оpubл. в Б.И., 1991, №13, с. 153.

2. Зуев В.Е. Распространение лазерного излучения в атмосфере. – М.: Радио и связь, 1981. – 288 с.

3. Morgan R.Y. Source-Drive Optimization for Optic-Fiber System Using LED. – Electr. Lett., 1999, v.12. №25, p.673.

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНО-ОБРАТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Таган Л.В.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Применение радиально-продольного (обратного) выдавливания является перспективным способом для получения сложнопрофилированных изделий за один технологический переход. Как показали результаты теоретических и экспериментальных исследований в процессе радиально-обратного выдавливания деформированный образец условно можно разбить на несколько зон с характерным течением металла: – осевая, малодеформованная зона; – зона больших степеней деформаций вблизи переходной кромки пуансона; – зона разворота металла в фланец; – фланец; – центральная, застойная, зона.

Каждая из этих зон имеет свои особенности деформированного состояния, которое меняется по ходу процесса. Так для застойной зоны под пуансоном характерно ее уменьшение по ходу процесса. На ее размер и расположение значительное влияние имеет трение на стенках матрицы.

На первом этапе процесса центр образца практически не деформируется и является буфером (промежуточной жесткой зоной) между ячейками течения металла в осевом и радиальном направлении.

Зона разворота металла и течения в фланец представляет собой сложный очаг деформации, в котором сочетается разворот и осадка нижних, прилегающих к дну, слоев металла. При различных размерах высоты фланца и условий трения на опорной поверхности величина и протяженность данной зоны может быть разной. При относительной высоте фланца $h > 0.3$ эта зона вытягивается в длину оси симметрии, а при увеличении коэффициента трения ее длина уменьшается. При увеличении

радиуса перехода от стержня к фланцу очаг течения металла в радиальном направлении увеличивается.

Условия трения на опорной поверхности оказывают значительное влияние на загиб края фланца – дефект формы фланца. При увеличении трения загиб фланца меньше, но при этом ухудшаются условия деформирования в центральной зоне детали, происходит локализация очага течения металла в фланец.

По ходу процесса локализованные очаги деформации увеличиваются в размерах, а промежуточная жесткая зона уменьшается. Также прослеживается постепенное объединение центральной и осевой зон у отрезка. На заключительных стадиях процесса зона вытягивается по всей длине вдоль оси образца и практически не деформируется.

Выводы: Радиально-обратное выдавливание один из способов ресурсосбережения при получении деталей с несколькими элементами. Однако, при проектировании технического процесса стоит учитывать особенности процесса, которые могут привести к появлению дефектов в готовом изделии.

МАГНІТНО-АБРАЗИВНЕ ОБРОБЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ

*Слободянюк І.В. к.т.н., асистент, Джулій Д.Ю., к.т.н., асистент,
Майборода В.С. д.т.н., професор*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна,*

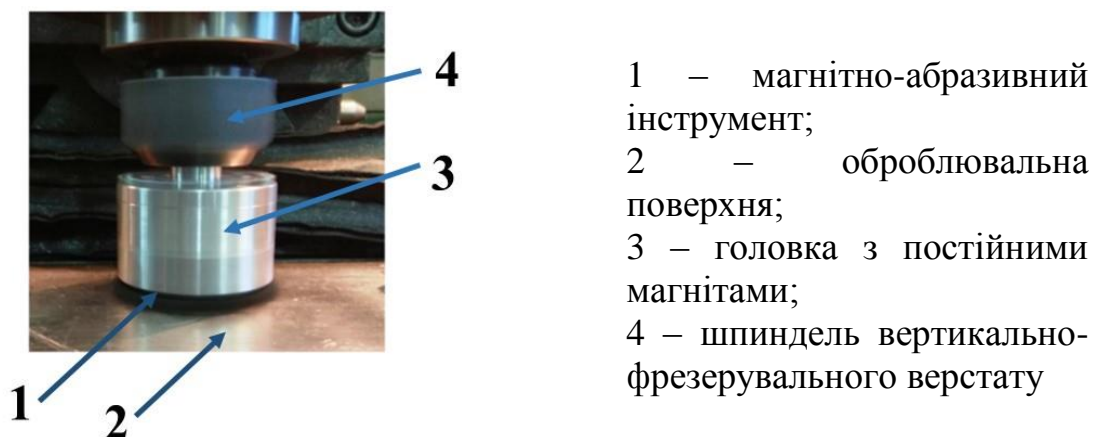
Зелінко А., аспірант

Отто-фон-Геріке університет, м. Магдебург, Німеччина

Прицезійні плоскі поверхні широко використовуються у різних галузях машинобудування. Вимоги до якості таких поверхонь досить високі, тому використання технології на фінішних операціях виготовлення, яка одночасно забезпечує низьку шорсткість та покращує фізико-механічні властивості приповерхневих шарів є актуальним. Такою технологією є магнітно-абразивне оброблення (МАО), яке здійснюється за рахунок руху заготовки та магнітно-абразивного порошку (МАП) в магнітному полі один відносно одного [1, 2]. За рахунок присутності магнітного поля частинки порошку структуруються вздовж його ліній у ланцюжки та формують робочий інструмент - щітку, яка має достатню жорсткість для забезпечення процесу мікрорізання. Більшість відомих способів МАО для генерації магнітного поля використовують електромагнітні котушки, що призводить до ряду негативних факторів, а саме підвищення температури та підведення електроживлення.

Розроблено конструкцію спеціальної головки, яка складається з оправки з розміщеними в ній циліндричними постійними магнітами та

кришки з хвостовиком. Головка може використовуватися на універсальних верстатах фрезерної групи. Між торцевою поверхнею спеціальної головки та поверхнею заготовки передбачається робочий зазор для розміщення в ньому маси магнітно-абразивного порошку, що формує щітку під дією магнітного поля. За рахунок обертального руху головки навколо власної осі та поступального її руху відносно оброблюваної поверхні забезпечується переміщення МАП відносно оброблювальної поверхні (рис. 1).



- 1 – магнітно-абразивний інструмент;
- 2 – оброблювальна поверхня;
- 3 – головка з постійними магнітами;
- 4 – шпиндель вертикально-фрезерувального верстату

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд процесу МАО плоскої деталі

Експериментальні дослідження виконували на попередньо шліфованих плоских поверхнях деталей виготовлених зі сталі 45. Шорсткість поверхонь після шліфування вздовж напрямку оброблення $R_a = 0,053$ мкм, $R_z = 0,284$ мкм та поперек $R_a = 0,147$ мкм, $R_z = 1,07$ мкм. Оброблення виконували на вертикально-фрезерному верстаті при подачі 10 мм/хв та величині зазору між оброблювальною та робочою поверхнями 2,8 мм магнітно-абразивним порошком з додаванням Асфолу, інші параметри наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Умови та результати МАО плоских шліфованих деталей зі сталі 45

Магнітно-абразивний порошок	Частота обертання інструменту, об/хв	Шорсткість поверхні, мкм			
		Вздовж деталі		Поперек деталі	
		R_a	R_z	R_a	R_z
Без МАО, після шліфування	-	0,053	0,284	0,147	1,07
Феромап 630/400	1400	0,036	0,314	0,047	0,46
Феромап 315/200	1400	0,031	0,258	0,039	0,294
Феромап 315/200	900	0,032	0,234	0,035	0,252
Феромап 200/100	900	0,048	0,366	0,062	0,39
Феромап 630/400	900	0,035	0,328	0,041	0,4

В процесі MAO відбувається ефективно зниження шорсткості оброблюваних поверхонь деталей зі сталі 45, видаляються мікронерівності від попереднього шліфування та вигладжується поверхня до дзеркального вигляду (рис. 2).



*Рисунок 2 – Зовнішній вигляд поверхні плоскої деталі зі сталі 45
1 – після шліфування, 2 – після MAO*

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що при даних умовах MAO відбувається зниження шорсткості сталевих шліфованих деталей до величини $Ra\ 0,031 - 0,032\ \mu\text{m}$ та $Rz = 0,234 - 0,258\ \mu\text{m}$ порошком Феромап 315/200 мкм при частоті обертання шпинделя 900 та 1400 об/хв вздовж деталі. В поперек оброблення найменшу шорсткість отримано при використанні порошку Феромап 315/200 мкм при частоті обертання 900 об/хв і рівню $Ra\ 0,035\ \mu\text{m}$ та $Rz\ 0,252\ \mu\text{m}$.

Зауважимо, що при всіх інших умовах оброблення відбувається значне зниження шорсткості до отримання дзеркальної поверхні. Кращі результати отримано при частоті обертання шпинделя 900 об/хв порівняно з частотою 1400 об/хв для порошоків Феромап 630/400 мкм та Феромап 315/200 мкм в поперечному до шліфування напрямку. При підвищенні швидкості відбувається зміна характеру особливостей взаємодії магнітно-абразивного інструменту з оброблюваною поверхнею які будуть залежати від використовуваного порошку, оброблюваного матеріалу та конструкції спеціального інструменту.

Список посилань

1. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 176 с.
2. Майборода В.С. Магнитно-абразивная обработка деталей сложной формы – (рос.мов.) / В.С. Майборода, И.В. Слободянюк, Д.Ю. Джулий. – Житомир.: ПП «Рута», 2017. – 272 с.

ВПЛИВ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ НА ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ ДЕТАЛЕЙ

*Тарган Д.В. аспірант, Слободянюк І.В. к.т.н., асистент,
Джулій Д.Ю к.т.н., асистент, Майборода В.С. д.т.н., професор
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Магнітно-абразивне оброблення в робочих зонах кільцевого типу в значній мірі визначається динамічними параметрами взаємодії магнітно-абразивного інструменту (МАІ) з поверхнями оброблюваних деталей [1]. При обробленні осьового та кінцевого різального інструменту важливий вплив має швидкість обертання його навколо власної осі в робочій зоні, що забезпечує рівномірне та ефективне оброблення по всій довжині. Створення МАІ з визначеними властивостями безпосередньо пов'язано з зусиллями, що виникають в процесі оброблення, а саме з нормальними і тангенціальними складовими сил його взаємодії з оброблювальними поверхнями деталей. При визначенні сил, що виникають в зонах контакту зерен порошку з оброблюваною поверхнею вводиться припущення про однорідність щільності МАІ і магнітних властивостей по усьому об'єму робочої зони, в якій відбувається процес МАО. При цьому нехтують комплексним впливом динамічних сил, які визначаються швидкістю переміщення деталей та магнітних параметрів процесу МАО, який є причиною виникнення пондеромоторних сил, що вносять суттєву корекцію в процес формування МАІ і в саме оброблення. Тому визначення складових сил, а саме нормальної та тангенціальної, дозволить керовано впливати на процес. Як відомо щільність магнітно-абразивного інструменту в робочій зоні формується за рахунок величини магнітного поля, яке є віртуальною зв'язкою для з'єднання окремих частинок магнітно-абразивного порошку в робочий інструмент [1, 2]. Для визначення силових характеристик взаємодії (МАІ) з оброблювальними поверхнями залежно від швидкості обертання деталей навколо власної осі (ω) необхідним є визначення ефективного моменту на осі шпинделя де розміщується деталь.

Експериментальні дослідження виконували на верстаті з кільцевим розташуванням робочої зони [1], ширина якої 35 мм а висота 30 мм, середній діаметр 200 мм. В робочу зону перпендикулярно до зазору з магнітним полем поміщали циліндричний зразок діаметром 16 мм та висотою 30мм виготовлений з немагнітної сталі 40X13. Величину магнітної індукції B змінювали 200, 300 та 400 Тл. Швидкість обертання зразка навколо осі кільцевої ванни V_e складала 100, 200, 300 об/хв. Попередньо визначено загальний електричний опір двигуна і його величина склала $r_{дв} = 0,64$ Ом. Корисний момент визначається як різниця між моментом при навантаженні та моментом холостого ходу, які

визначались за (1), при цьому виключається теплові, електромагнітні, та механічні втрати.

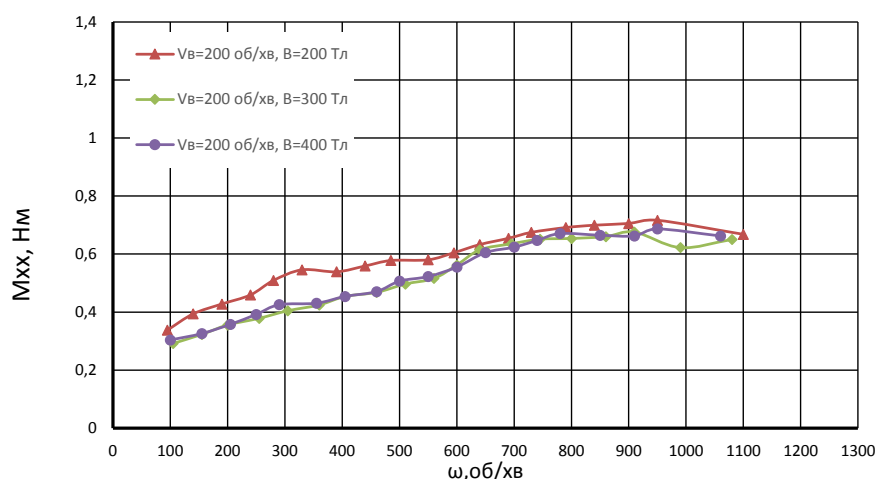
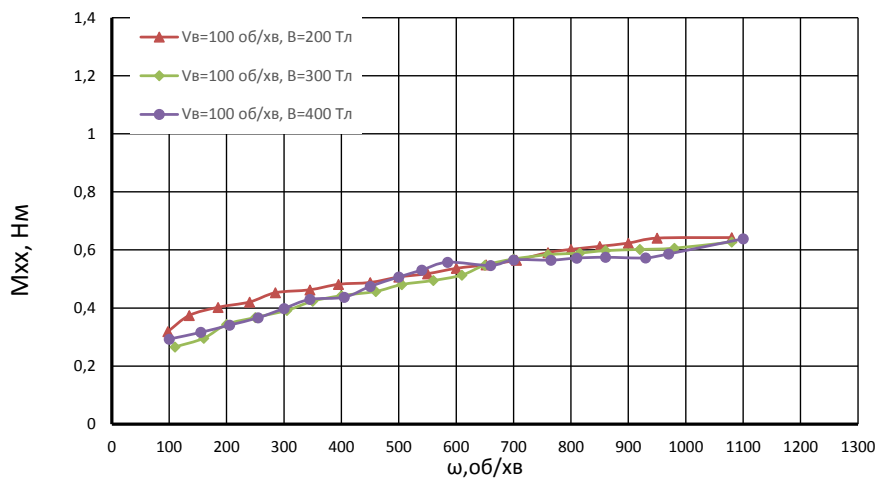
$$M = \frac{U \cdot I - I^2 \cdot r_{\text{дв}}}{\omega} \quad (1)$$

Результати визначення моменту холостого ходу на валу двигуна при обертанні деталі навколо власної осі представлено на рис. 1. Отримані результати показують, що величина магнітної індукції в робочій зоні верстату не впливає на стабільність роботи електродвигуна, що при проведенні подальших досліджень з визначення ефективного моменту на валу двигуна дозволить прогнозовано керувати отриманими даними. Отримані результати описуються поліноміальними функціями вигляду:

$$M_{xx} = a_1 \cdot \omega^2 + a_2 \cdot \omega + a_0$$

де a_1 , a_2 , a_0 – коефіцієнти апроксимації. Величина достовірності апроксимації не перевищує 1.

Отримані результати досить актуальні для проектування нового обладнання для магнітно-абразивного оброблення в робочих зонах кільцевого типу деталей складної просторової форми.



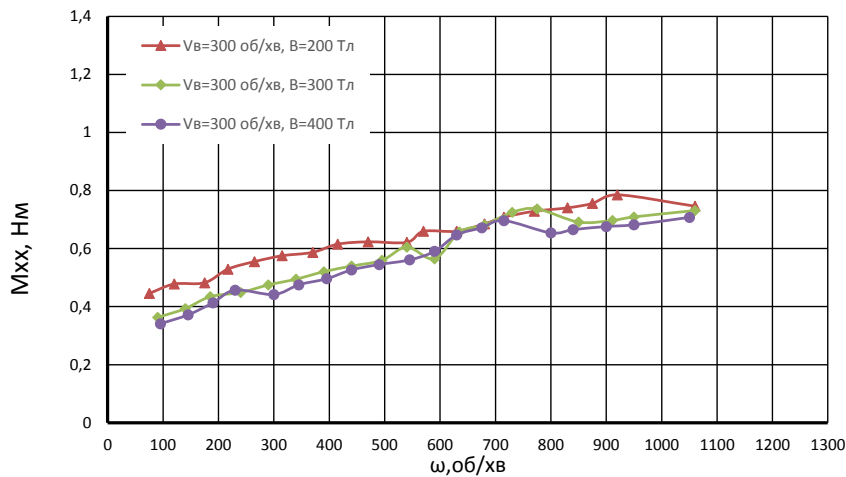


Рисунок 1 – Залежність моменту холостого ходу на двигуні від швидкості обертання навколо власної осі оброблюваної деталі

Список посилань

1. Майборода В.С. Магнитно-абразивная обработка деталей сложной формы – (рос.мов.) / В.С. Майборода, И.В. Слободянюк, Д.Ю. Джулий. – Житомир.: ПП «Рута», 2017. – 272 с.
2. Ткачук І.В.Формування магнітно-абразивного інструменту зі стабільними властивостями в робочих зазорах кільцевого типу : дис. канд. техн. наук : 05.03.01 / Ткачук І. В. – Київ, 2015. – 164

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЩЕТОК С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ИЛИ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНЫМИ ВОЛОКНАМИ

Терещенко К.О., студент, Ткаченко П.В., магистрат

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

Немаловажную роль в формировании микрогеометрии и качества поверхностного слоя деталей машин играет эффективность финишного этапа обработки, который занимает значительную часть трудозатрат по их изготовлению, особенно, если деталь или её элементы имеют сложные геометрические формы, что требует специфических методов и инструментов для равномерной обработки. Механические щётки вращающегося действия с традиционными волокнами из металлической проволоки или недавно появившиеся на рынке финишных инструментов щётки на основе полимерно-абразивных волокон обеспечивают разнообразные виды финишных работ: очистка поверхности от ржавчины, лака, краски, покрытий; улучшение качества поверхности; удаление заусенцев и округление острых кромок; подготовка поверхностей под нанесение покрытий. Дисковые и цилиндрические щётки к тому же обеспечивают некоторый упрочняющий эффект.

Основные параметры щеток: тип, ширина и диаметр щетки, материал волокон, диаметр и вылет волокон, материал ступицы, форма и размеры посадочного места.

Принцип работы металлических и полимерно-абразивных щёток (ПАЩ) на первый взгляд сходен, однако, наличие абразивных зёрен в волокнах ПАЩ относит их к абразивным инструментам и обозначает их отличительные характеристики.

Основные преимущества, свойственные обоим видам щёток:

- возможность обрабатывать сложнопрофильные детали;
- высокое качество получаемых поверхностей и конструктивных элементов, в том числе их локальное упрочнение;
- применение как в ручных машинках, так и возможность автоматизации обработки;
- относительно невысокое силовое и температурное воздействие.

Недостатки металлических щеток:

- значительное засаливание инструментов;
- невозможность работы в кислотных и щелочных средах; ограничение работ во влажных средах (в зависимости от материала проволоки);
- перенос материала проволоки на/в обрабатываемую поверхность (кроме случаев, когда это является целью обработки);
- отрыв целого волокна или его части на скоростях обработки (усталостное разрушение).

Преимущества металлических щеток:

- снятие несколько большего слоя, чем ПАЩ (особенно иглофрезами);
- слой оксидов на детали (это может считаться как преимуществом, так и недостатком).

Недостатки ПАЩ:

- температурные ограничения в зоне обработки (гарантированное отсутствие прижогов).

Преимущества ПАЩ:

- отсутствие засаливания отходами; самозатачиваемость;
- возможность работы практически в любых средах;
- равномерный износ рабочих торцов волокон без отрыва от ступицы (за исключением некоторых видов ручных машинок, перегреваемых в месте крепления ступицы; в этом случае необходимо применять ПАЩ со ступицами из термостойкой пластмассы, которые не передают тепло от машинки в рабочую часть щетки).

С точки зрения эксплуатации эти щетки взаимозаменяемы, по стоимости разница также невелика (в зависимости от фирмы-изготовителя). Поэтому при выборе вида одного из представленных инструментов необходимо учитывать их особенности.

ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ НА КОЕФІЦІЄНТ УСАДКИ СТРУЖКИ ПРИ ТОЧІННІ

Тимошенко Н. М., канд. фізмат. наук, доцент

Національний університет «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна,

Кривий П. Д., канд. техн. наук, професор,

Кобельник В. Р., канд. техн. наук, доцент,

Петречко І. Р. студент

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

Встановлено статистичний характер подач на токарно-гвинторізних верстатах загального призначення.

Використавши ваговий метод визначали коефіцієнт усадки стружки, яка утворилась при точінні сталі 45 прохідним різцем з кутами: $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; із швидкістю різання 110 м/хв (без мастильно-охолоджувальної рідини) і глибині різання $t = 1,5$ мм. з різними подачами, вказаними у таблиці. Формували 8 вибірок обсягом 60 зразків у кожній. Отримані статистичні ряди значень коефіцієнтів усадки перевіряли за критеріями Греббса на однорідність і підтверджували нормальний закон їх розподілу за критерієм Пірсона.

Визначали характеристики розсіювання величин, коефіцієнта усадки стружки \bar{K}_{Si} середнє значення та дисперсії $D_{(\bar{K}_{Si})}$, а також значення критеріїв Стюдента $t'_{\bar{K}_{Si}}$ і Фішера F'_{Si} та імовірності $P'_{Si}(t_k)$ і табличних значень критерію $F'_{\text{табл.}}$

Отримані результати після оброблення статистичних даних подані у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення характеристик розсіювання коефіцієнтів усадки стружки: середнє значення \bar{K}_{Si} ; та дисперсії ($D_{(\bar{K}_{Si})}$) і критеріїв оцінки суттєвої відмінності $t'_{\bar{K}_{Si}}$, F' і відповідних значень $P'(t_k)$ і $F'_{\text{табл.}}$

№ п/п	Паспортні значення подач S_i мм/об	\bar{K}_{Si}	$D_{(\bar{K}_{Si})}$	$t'_{\bar{K}_{Si}}$	$P'(t_k)$	(+) (-)	F'_{Si}	$F'_{\text{табл.}}$	(+) (-)
1	0.060	2.53	0.045	3.25	0	(+) (+)	1.25	1.8	(-)
2	0.090	2.44	0.021	5.70			1.68		(-)
3	0.125	2.47	0.033	4.60			1.08		(-)
4	0.175	2.39	0.019	8.86			1.85		(+)
5	0.250	2.20	0.043	11.30			1.19		(-)
6	0.350	2.19	0.041	14.16			1.13		(-)
7	0.500	1.88	0.047	16.93			1.303		(-)
8	0.700	1.65	0.019	24.25			1.88		(+)

(+) – суттєва відмінність; (-) – несуттєва відмінність

Висновок. Експериментально підтверджено, що із збільшенням подачі коефіцієнт усадки стружки зменшується і це зменшення є суттєвим. Збільшення подачі за винятком значень $S_4 = 0.175$ мм/об і $S_8 = 0.700$ мм/об, на дисперсію розсіювання величини K_{Si} впливає не суттєво.

Список посилань

1. Бобров В.Ф., Основы теории резания металлов: учебник [Текст]/ В. Ф. Бобров, - М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Филоненко С. Н., Резание металлов. [Текст] / С. Н. Филоненко, К.: Вища школа, 1969. -260 с.
3. Ящерицын П. И., Теория резания. Физические тепловые процессы технологических системах: учебник [для вузов] [Текст] / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. - Минск: Висш. школа, 1990. – 512 с.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФІЗИЧНИХ І МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБРОБЛЮВАНОВОГО МАТЕРІАЛУ НА ЗНОШЕННЯ ДИСКОВОЇ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНОЇ ЩІТКИ

Тришин П.Р., аспірант,

Мерлікова Ю.Р., магістрант, Федоренко О.С., студент

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

Зношування дискових полімерно-абразивних щіток (ПАЩ), як і будь-якого іншого ріжучого інструменту, залежить від виду та режиму обробки, матеріалу деталей та ін. Вивчення зношування ПАЩ необхідно для своєчасного корегування положення при обробці на верстатах з ЧПК, для підтримування необхідного натягу та для прогнозування собівартості обробки. До теперішнього часу недостатньо вивчений взаємозв'язок інтенсивності зношування щітки та фізико-механічних властивостей матеріалу деталей.

Метою даної роботи є визначення впливу фізико-механічних властивостей матеріалів оброблюваних деталей на зношення дискової ПАЩ за допомогою кореляційного аналізу.

Експерименти проводили на одній з дискових ПАЩ фірми “Osborn” з абразивом (карбід кремнію) розміром 75...90 мкм; зовнішній діаметр щітки $D=150$ мм, виліт волокон $L=30$ мм, діаметр волокна $d_g=1,2$ мм. Режими обробки (S – повздовжня подача, мм/хв.; V – окружна швидкість, м/хв.; i – натяг, мм, що характеризує ступінь притиснення щітки до поверхні) в блоках експериментів були ідентичні. Щоб оцінити максимальний вплив матеріалу зразків на зношення, обробку проводили без ЗОТС.

Для зразків підбирались матеріали з різними фізичними (теплопровідність λ , Вт/мК; модуль Юнга E , ГПа) та механічними (твердість $HВ$, МПа; межа міцності σ_g , МПа; межа текучості σ_m , МПа; відносне подовження δ , %; ударна в'язкість KCU , кДж/м²) властивостями.

Вихідна шорсткість поверхні Ra3,2. Для дослідів використовувалися зразки з матеріалів: сталь 20, алюміній АМГ3, латунь Л63, мідь М2, титан ВТ8-М, нікелевий сплав ХН45МВТЮБР.

Більша частина властивостей матеріалів зразків була виміряна в спеціальній лабораторії, інші – взято у відкритих інтернет-джерелах.

Вагове зношення ПАЩ визначали експериментально шляхом періодичного зважування через певний час обробки, відповідний однаковій кількості обертів ПАЩ (10^6 циклів). При необхідності вагове зношення перераховується в розмірне.

Для вивчення ступеню впливу кожного фактору фізичних і механічних властивостей матеріалу ($x_1 \dots x_7$) на інтенсивність зношування ПАЩ (Y) було задіяно пакет “Statistica”; Було проведено стандартну процедуру кореляційного аналізу, перевірено значимість отриманих парних коефіцієнтів кореляції за допомогою критерія Стьюдента. В результаті встановлено, що величина коефіцієнта кореляції для E – модуль Юнга, КСУ – ударна в’язкість та НВ – твердість є значущою. Для інших коефіцієнтів спостережуване значення менше критичного значення по модулю, виходячи з цього, нульова гіпотеза не відкидається, тобто коефіцієнти – незначущі.

Фактор λ (теплопровідність) є незначущим, хоча він характеризує здатність відводити тепло від зони обробки, а температура є одним з основних факторів, що впливають на зношування ПАЩ. Це пояснюється тим, що при дослідженні були призначені раціональні значення режимів обробки, при яких не спостерігається перегрів волокна, тому ця складова зношування була стабільна (не було ефекту розм’якшення та оплавлення волокон), тому фактор теплопровідності в даній серії експериментів не суттєво впливає на кореляційний зв’язок.

Для спрощення розрахунків при подальшому аналізі процесу взаємодії ПАЩ та оброблюваного матеріалу можна спробувати об’єднати всі значимі властивості в один коефіцієнт, який характеризує матеріал, що оброблюється.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АЛМАЗНЫХ КРУГОВ ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ В ПОЛИМЕРНУЮ СВЯЗКУ ДЕТОНАЦИОННОГО НАНОАЛМАЗА

Федорович В.А., докт. техн. наук, профессор,

Островерх Е.В., канд. техн. наук, доцент,

Козакова Н.В., канд. техн. наук, доцент, Музычка В.А., студент

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
м. Харьков, Украина*

Связка наряду с маркой, зернистостью и концентрацией алмаза, является важнейшей характеристикой алмазного круга. От качества связки

зависят коэффициент использования потенциальных возможностей алмаза, область применения и работоспособность алмазного инструмента, производительность, экономическая эффективность и качество шлифования [1]. Более 55% от общего количества выпускаемых марок связок занимают связки на органическом связующем, что объясняется простотой изготовления и невысокой стоимостью такого алмазного инструмента. В то же время, остается актуальной проблема повышенного износа органического (полимерного) алмазоносного слоя.

Стандартным модификатором механических и химических свойств связки является наполнитель, процентное содержание которого варьируется вместе с концентрацией алмазных зерен. Свойства наполнителя могут влиять на теплопроводность, твердость, коэффициент трения или пластичность связки. К примеру, дисперсный графит, содержание которого в связке В2-01 содержится в количестве 0,8% объема алмазоносного слоя и значительно повышает его антифрикционные свойства.

Однако наиболее эффективным средством повышения удержания является введение в связку химически взаимодействующих с алмазом компонентов. В этом случае сила удержания алмаза зависит от адгезионной активности компонентов связки с поверхностью алмаза и растет с увеличением работы адгезии [1]. Учитывая линейную зависимость количества наполнителя и алмазов в алмазоносном слое, существует необходимость поиска новых модифицирующих компонентов, которые позволят изменять механические свойства связки при неизменном соотношении наполнителя и алмазных зерен.

Исследования, проводившиеся зарубежными и отечественными учеными [2], показали, что одним из применений ультрадисперсного алмаза является применение его в качестве модификатора полимеров. Наполнение ароматического полиамида фенилон С-2 нанодиамазами позволило повысить абразивную износостойкость образцов в 3,5 раза, увеличить модуль упругости на 104,5 МПа, а предел текучести при сжатии – на 6,5 МПа (табл. 1 [3]).

Таблица 1 – Прочностные характеристики фенилона и нанокмозитов на его основе

Марка полимера	Модуль упругости, МПа	Предел прочности на растяжение (МПа)
Фтороэластомер	8,5	15,7
<i>Нанодиамазный комозит</i>	92	173
Полисиликон	19	52
<i>Нанодиамазный комозит</i>	53	154
Изопреновый каучук	7,7	20,5
<i>Нанодиамазный комозит</i>	12,3	28,2

Детонационный наноалмаз может успешно применяться в качестве добавки к таким полимерам как фторэластомеры, полисиликоны, изопреновые каучуки (табл. 1). При создании композиции из подобных полимеров и НА, модуль упругости наноалмазного композита может увеличиваться в 10 раз, предел прочности на растяжение – от 1,3 до 11 раз [2].

Как известно, связующим элементом бакелитовых связок является полимер–фенольное связующее СФП-012А. Связующее представляет собой смесь наволачного фенолформальдегидного олигомера СФ-012 с отверждающимся агентом – гексаметилентетрамином [4]. Учитывая положительное воздействие наноалмаза на механические свойства полимеров, выдвинуто предположение, что добавка НА может изменять физико-механические свойства стандартных полимерных марок связки, повышая их твердость, модуль упругости, и в тоже время уменьшать температуру в зоне микрорезания за счет изменения фрикционных свойств алмазонасного слоя.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы совместно с ООО НПП «Синта» (г. Харьков) и ООО «Инстайл» (г. Полтава) разработаны образцы алмазонасного слоя, в состав которых вводился модифицирующий компонент в виде НА. Во избежание агломерации НА и равномерного распределения частиц нанопорошка в полимерном связующем СФП-012А, пульвербакелит перемешивался с водной суспензией НА и равномерно диспергировался в полученной эмульсии. Далее производилось полное высушивание эмульсии с последующим перемешиванием при наличии ультразвуковых колебаний. Полученный композит в дальнейшем спекался по стандартной технологии изготовления алмазных кругов на полимерной связке.

Влияние наличия частиц наноалмаза на твердость бакелита изучали на образцах двух типов. Первый – связка В2-01 на основе связующего СФП-012А и с содержанием уротропина (гексаметилентетрамина) равным 6% мас., второй – аналогичная композиция из полимера СФП-012А, наполнителя и 6% мас. ГМТА с добавлением 0,5%, 1% и 2% мас. наноалмаза. Композиция двух типов была изготовлена путем спекания колец размером 125×3×3 мм (рис. 1).

Измерение твердости на приборе ПМТ-3 при нагрузке $P = 50$ г алмазной пирамидой с углом при вершине 136° показало, что внедрение частиц НА в полимерное связующее приводит к увеличению микротвердости по Виккерсу на величину от 16 до 23%. Так, твердость образца связки без присутствия НА составила 78 НV. При введении в композит ультрадисперсного алмаза с массовой долей 0,5%, твердость композиции увеличилась на 16% и составила 91 НV. Наибольшее увеличение твердости наблюдалось на образце с 1% содержанием НА (96 НV). При содержании НА в количестве 1,5% мас. твердость составила 93 НV.

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность использования порошки детонационного наноалмаза в

якості модифікатора полімерного зв'язуючого. Введення в склад полімерної композиції нанопорошка призводить до збільшенню мікротвердості на 23%, причому рекомендує масова частка НА повинна складати порядку 1% від маси зв'язки. Представляється можливим використання подібних полімерних композицій в алмазозабагатному шарі стандартних марок, що теоретично дозволить збільшити їх твердість при незмінній теплопровідності.

Перелік посилань

1. Захаренко І.П. Сверхтвердые абразивные материалы в инструментальном производстве / И.П. Захаренко. – К.: Вища школа, 1985. – 152 с.
2. Krüger A. Neue Kohlenstoffmaterialien / A. Krüger. – Wiesbaden: Teubner Verlag GWV Fachverlage GmbH, 2007. – 473 с.
3. Буря А.И. Влияние содержания ультрадисперсных алмазов на свойства композитов на основе ароматического полиамида / А.И. Буря, А.И. Шерстюк, В.Н. Ивашенко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. — К.: ИМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2009. – Вып. №12. – С. 336–341.
4. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Том 2. Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы / под ред. Н.В. Новикова. – К.: Наук. думка, 1986. – 264 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ОТВОРІВ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Хорошайло В.В., канд. техн. наук, ст.викл.,

Коваленко А.В., інженер каф. КМСІТ,

Пономар Д.В., магістрант

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

Аналіз умов обробки деталей для важкого машинобудування показує, що підвищення ефективності розточування великогабаритних отворів є актуальною проблемою.

Деталі типу втулок та циліндрів більш раціонально оброблювати на токарних верстатах, тому що є можливість проводити обробку зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовок на одному верстаті.

Обробка отворів на токарних верстатах проводиться за несприятливих умов різання, пов'язаних з великими вильотами інструменту, при яких виникають автоколювання різального інструменту. Основними причинами розвитку автоколювань при розточуванні є наявність координатного зв'язку в підсистемі деталь - інструмент, нестабільність сили різання і її фазове відставання від товщини зрізу. При цьому автоколювання ініціюються, як правило, найбільш слабкою ланкою технологічної системи, якою при розточуванні є різальний інструмент.

Низька вібростійкість різального інструменту призводить до значного зниження продуктивності обробки та якості оброблюваних поверхонь.

В процесі розточування довжина обробки отвору визначає виліт різального інструменту, а при роботі з великим вильотом розточувального різця виникає досить великий прогин його державки відносно закріплення в різцетримачі, що призводить до виникнення значних деформацій і динамічних навантажень різця. Підвищення жорсткості різального інструменту дає змогу знизити амплітуду коливань в процесі обробки.

Додаткову жорсткість можливо отримати за рахунок використання при обробці інструментальної системи, яка створює рухливу опору державці різця поблизу вузла кріплення різальної пластини. В цьому випадку амплітуда коливань зменшуються і поступово наближаються до сталих значень.

За результатами моделювання та експериментальних досліджень можна стверджувати, що застосування розробленої інструментальної системи веде до підвищення вібростійкості процесу розточування і значно підвищує якість обробленої поверхні.

Список посилань

1. Патент на корисну модель 74324 Україна «Спосіб розточування глибоких отворів великих діаметрів на токарних верстатах» /Хорошайло В.В, № u201204051; заяв. 02.04.12; Опубл, 25.10.2012, бюл. № 2.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ И ЗАМЕРА ПОСАДОЧНОГО ДИАМЕТРА ВЕНЦА СОСТАВНОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ НАГРЕВЕ ДЕТАЛИ ПОД СБОРКУ

Целик Ю.Б., инженер,

Лебедь В.Т. докт. техн. наук, доцент

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

В тяжелом машиностроении широкое применение находят составные зубчатые колеса (рис.1), которые используются в производстве крупногабаритных зубчатых передач [1].

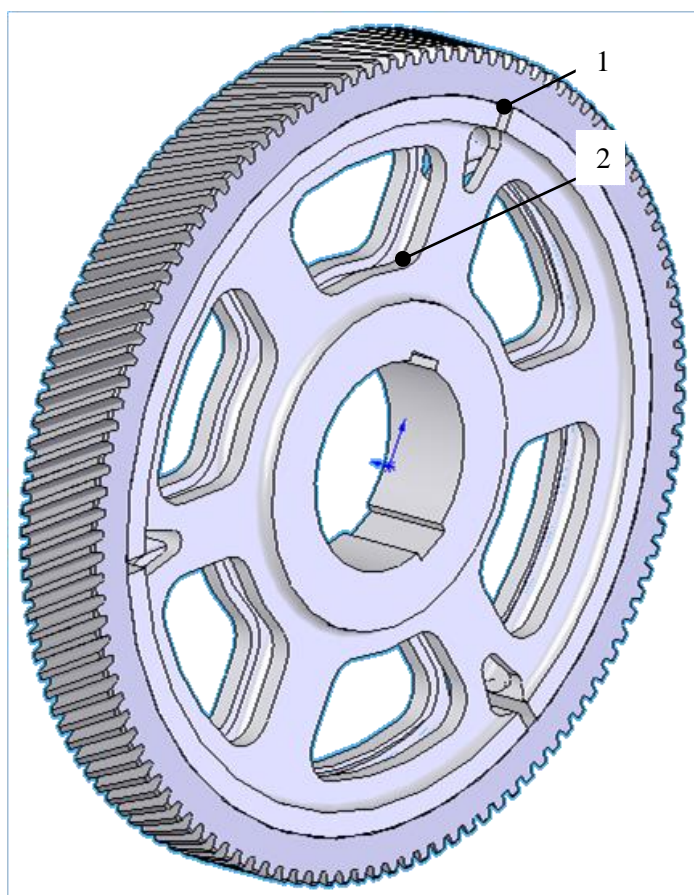
Согласно классификации [2], к первому подклассу отнесены крупногабаритные изделия ответственного назначения (при L до $1,0 D$).

В рассматриваемый класс включены составные (бандажированные) зубчатые колеса редукторов приводов клетей прокатных станов с венцами, имеющими прямозубые, косозубые и шевронные зубья с одним, двумя или тремя дисками на центре (рис. 1). При этом ряд центров колес конструктивно выполнен с компенсационными пазами.

В работе рассматриваются зубчатые колеса с габаритными диаметрами (по выступам зубьев) 1821 ... 3926 мм при ширине изделия

500 ... 1190 мм и номинальном диаметре посадочной поверхности центра /бандажа 1500 ... 3520 мм [2].

Сборка таких колес производится методом горячей посадки зубчатого венца на центр колеса (ступицу). Зубчатый венец нагревается до расчетной температуры, при котором внутренний диаметр венца с зазором обеспечивает процесс сборки. При остывании венца происходит уменьшение внутреннего диаметра и обеспечивается соединение «венец – ступица». Нагрев осуществляется открытым пламенем нескольких горелок расположенных по периметру зубчатого венца.



*Рисунок 1 – Общая конструкция составного зубчатого колеса
1 – зубчатый венец; 2 – центр колеса*

Контроль осуществлялся методом непосредственного замера внутреннего диаметра зубчатого венца мерительным инструментом. Проблема при сборке рассматриваемых зубчатых колес - это контроль внутреннего диаметра зубчатого венца при нагреве перед их сборкой.

Стоимость энергоносителя существенно влияет на себестоимость рассматриваемого изделия. Одна из традиционных методик сборки - это расчет времени нагрева венца исходя из ее массогабаритных характеристик. По номограмме выбирается время нагрева до требуемой температуры и получения расчетного зазора при сборке зубчатого венца с центром колеса. Однако номограммы не учитывают температуру

окружающей среды, тип энергоносителя, культуру производства, что периодически приводит к травмам и необоснованно большим расходам энергоносителей.

Решить эту проблему возможно используя современные программно-аппаратные комплексы на базе микроконтроллера «STM32» в совокупности с датчиками температуры и ультразвуковыми дальномерами [3]. Датчик температуры фиксируется непосредственно на внутренний диаметр зубчатого венца. Ультразвуковой датчик устанавливается вблизи от внутренней поверхности. Микроконтроллер связан с ЭВМ на экране которой в реальном масштабе времени отражается текущая температура и внутренний размер нагреваемого зубчатого венца. Изменяя интенсивность подачи горючего газа на горелки контролируется температура нагреваемого зубчатого венца.

Разработана модель лабораторной установки для ведения процесса сборки зубчатого венца со ступицей.

Система активного контроля внутреннего диаметра зубчатого венца позволит в реальном времени контролировать посадочный размер, снизит трудоемкость процесса контроля, снизит вероятность получения травмы при ручном измерении и сократит расход энергоносителя к горелкам.

Перечень ссылок

1. Таурит Г. Э. Обработка крупногабаритных деталей / Г. Э. Таурит, Е. С. Пуховский, Е. Ю. Грищенко. – К. : Техника, 1981. – 208 с.
2. Лебедь В.Т. Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография / В.Т. Лебедь, А.А. Пермяков, А.Н. Шелковой. – Краматорск: ДГМА. 2015. – 301с. ISBN 978-966-379-705-2
3. Лебедь В.Т. Автоматизация процесса сборки крупногабаритных изделий/ В.Т. Лебедь, В.А. Калиниченко, М.А. Максимов - Збірник тез доповідей III Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології промислового комплексу» (12-17 вересня 2017р.) /МОН України, Херсонський національний технічний університет. С.155-158.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ

***Цимбалюк Л.Я., магістр,
Роп'як Л.Я., к.т.н., доцент***

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна*

Конструкції гвинтових робочих органів машин і механізмів мають широке використання у галузях промисловості та сільського господарства, зокрема у різних технологічних процесах завдяки розширеним технологічним можливостям за рахунок підвищеної надійності відповідних конструкцій. Підвищення довговічності і працездатності

деталей машин та механізмів з гвинтовими поверхнями є актуальною проблемою машинобудування, оскільки на виготовлення, ремонт і обслуговування техніки, запасних частин використовуються значні матеріальні ресурси [1, с. 27-28].

Гвинтова поверхня характеризується тим, що вона розташовується на якомусь тілі обертання та може бути з постійним або непостійним кроком. До виробів з гвинтовою поверхнею у машинобудуванні відносять: свердла, зенкери, мітчики, фрези, зубчасті колеса, а також різні різьби, але як правило з великим кроком.

Важливу роль відіграє точність їх виготовлення та якість поверхневого шару. Так, точність надає основний вплив на якість роботи. Також виникають похибки при обробці гвинтових поверхонь, які можуть бути викликані різними причинами:

- 1) неточність, знос і деформації верстатів;
- 2) знос і деформації інструменту;
- 3) пружні деформації технологічної системи, пов'язані з впливом сил різання;
- 4) пружні деформації технологічної системи, викликані нагріванням;
- 5) похибки теоретичної схеми обробки [2, с. 94; 3].

Гвинтовим поверхням деталей машин пред'являються високі вимоги по шорсткості поверхні і стану поверхневого шару. Тому завжди використовуються операції чистової обробки, що дозволяють забезпечити необхідні параметри гвинтових поверхонь. Також вимоги пред'являються і до якості поверхні та різьблення високої точності. Значного впливу на якість гвинтових поверхонь деталей надає термічна обробка, це невід'ємна частина технологічного процесу яка має значний вплив на якість та точність поверхонь. При термічній обробці деталей типу ходового гвинта виникають поздовжні деформації, які призводять до похибки різьби по кроку [4].

При обробці гвинтових поверхонь після термічної обробки потрібно здійснити виправлення похибок форми і розташування поверхонь. Однак можливе корегування виготовлення до термічної обробки, так як при виправленні поверхонь після неї можуть виникати нерівномірні умови різання.

Список посилань

1. Фролов Е. Н. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя и износостойкости машин и оснастки комбинированной обработки на основе лазерного и электромеханического упрочнения / Е. Н. Фролов. // Дисс. ... канд.тех. наук. – Брянск, 1997. – 136 с.
2. Дальский А. М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин / А. М. Дальский. – М.: «Машиностроение», 1975. – 223 с. ил.
3. Голиков В. И. Технология изготовления точных цилиндрических зубчатых колес / В. И. Голиков. – М.: Машиностроение, 1968. – 160 с.
4. Баранчиков В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / В. И. Баранчиков. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL ПРИ ОБРОБЦІ ЗАГАРТОВНИХ СТАЛЕЙ

Чумак А.О., аспірант, Клименко С.Ан., канд.техн.наук

Інститут надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна

Згідно стандарту ISO 1832-2017, композити на основі cBN діляться на три групи - ВН, VL, ВС. Композити групи ВН - з кількістю cBN в діапазоні 70-95 об. %, є істотно монофазним, але гетерогенними за своєю структурою.

До групи VL відносяться композити з 45-65 об. % cBN. Матриця, дисперсність структури якої відповідає субмікронному діапазону, має складний хімічний склад на основі керамічних компонент з TiN, Ti (C, N), TiC, TaN, TiB₂, Si₃N₄, SiC, МАХ-фаз. Група ВС об'єднує композити на основі cBN з захисними покриттями.

Інструменти із КНБ широко використовуються при обробці важкооброблюваних матеріалів. Одним з основних механізмів зношування таких інструментів є хімічна взаємодія нітриду бору з оброблюваним матеріалом. Один з методів мінімізації такої взаємодії є зменшення кількості зерен КНБ в матриці інструменту. Такий клас інструментального матеріалу віднесений до групи VL. Використання інструментів з композитом групи VL дозволяє значно підвищити їх стійкість та проводити обробку на швидкостях різання до 250-300 м/хв.

Метою даної роботи є проведення досліджень направлених на підвищення ефективності використання інструментів із ПКНБ групи VL при обробці важкооброблюваних металів і сплавів.

Для того щоб зрозуміти, як працюють виготовлені зразки інструментів з композитами на основі КНБ було проведено широку гаму досліджень процесу різання. Серед них дослідження щодо визначення розподілу еквівалентних напруг (по Мізеса) в зоні різання при точінні інструментами оснащеними ПКНБ груп ВН і VL. Які показали, що використання інструментів групи VL дозволяє істотно знизити рівень напруг в зоні зсуву - з 2,65 ГПа до 2,05 ГПа, що пов'язано з більшою швидкістю різання.

Визначення міцностних властивостей композитів проводилося з використанням модифікованого FR-методу, при якому визначалася величина сили сколювання і глибина занурення індентора, при якому відбувалося сколювання на різних відстанях від кромки зразка. Дані дослідження показали, що найбільшими міцностними властивостями характеризуються зразки на основі cBN (55 об.%) - TiC, а мінімальними - cBN (55 об.%) - TaN.

Дослідження зносостійкості розроблених композитів групи VL переважно проводилися при високих швидкостях різання 140-280 м/хв. при обробці загартованої сталі ШХ15. Процес точіння із швидкістю різання 270 м/хв. характеризується поступовим рівномірним зносом інструменту. Швидкість зношування дослідних партій інструментів знаходиться в межах 10-12 мкм/хв. Серед всіх розглянутих композитів високими

ріжучими властивостями володіє інструмент із вмістом cBN (55 об.%) - TiC, а найнижчим - cBN (55 об.%) - TaN. Незважаючи на вдалий підбір компонентів, які теоретично мають високу стійкість до окислення при високих температурах, такий інструмент вже при швидкості різання 170 м/хв. зношується в 2 рази швидше в порівнянні з іншими партіями і втрачає працездатність уже після 2 хв. роботи.

Визначення технологічних можливостей інструменту з ПКНБ групи VL проводилися при чистовій обробці загартованої сталі ХВГ (62 HRC) з підвищеними подачами до 0,19 мм/об. Для порівняння були обрані матеріали, що мають високі експлуатаційні властивості, а саме cBN (55 об.%) - TiC; cBN (75 об.%) - TiC і CBN100 (фірма Seco). Як показали проведені випробування, інструменти з cBN (55 об.%) - TiC і CBN100 при точінні з подачею $S = 0,19$ мм/об з підвищенням швидкості до $v = 215$ м/хв. втрачали свою працездатність вже після 6 хвилин роботи. Для інструменту з CBN100 характерний інтенсивний знос по задній поверхні, з cBN (55 об.%) - TiC - мікросколи ріжучої кромки в контактній зоні.

Найбільш перспективним у цьому напрямку є композит складу cBN 70-75 об.%. Стійкість інструменту, оснащеного композитом cBN (75 об.%) - TiC, при високопродуктивному точінні з режимами різання: $v = 215-250$ м / хв., $S = 0,19$ мм/об, $t = 0,2$ мм складає 12, 5 хв. при величині зносу $h_z = 0,35$ мм, також такий інструмент показує високу стійкість при обробці з ударом.

Проведені дослідження дозволили встановити, що використання інструментів із ПКНБ групи VL дозволяє суттєво знизити напружено деформований стан в зоні різання і підвищити продуктивність обробки в 1,5-2,5 рази в порівнянні з інструментами групи ВН. В таких умовах швидкість зношування інструментів з розробленого композиту в 1,5-5,0 разів нижче в порівнянні з інструментами, оснащеними ПНТМ групи ВН, що дозволяє забезпечити високу якість обробленої поверхні при точінні протягом тривалого часу (25-45 хв.). При швидкостях різання більше 250 м/хв. найбільш перспективно застосування інструментів з композитом cBN (55 об.%) - TiC, який за інтенсивністю зношування не поступаються світовим аналогам.

Інструменти із ПКНБ групи VL з вмістом cBN 70-75 об. %, за інтенсивністю зношування при чистовому точінні загартованих сталей з високими швидкостями різання $v = 180-270$ м/хв. поступаються на 25-30% інструментам, оснащеним композитами з низьким вмістом cBN (50-55 об.%), однак дозволяють ефективно проводити обробку при незначних динамічних навантаженнях, при яких обробка інструментами з композитами з низьким вмістом cBN супроводжується швидким руйнуванням робочої частини шляхом утворення мікро- і макросколів. Обробка інструментами з композитами з вмістом cBN 70-75 об. % може проводитися з підвищеними подачами ($S = 0,2-0,3$ мм/об) при високій стійкості інструменту (25-30 хв.), що розширює застосування інструментів із ПКНБ групи VL в області напівчистової обробки.

КОМБИНИРОВАННОЕ ОБРАТНО-ПОПЕРЕЧНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ В ПОДВИЖНЫХ МАТРИЦАХ

Чучин О.В.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Для рассмотрения возможностей и особенностей комбинированного выдавливания выделим по характерным признакам некоторые группы технологических схем (рис. 1). Здесь приведены некоторые технологические схемы комбинированного поперечно-обратного выдавливания полых деталей. Схемы, приведенные в ряду А, характеризуются неподвижностью матрицы и способностью к перемещению пуансона. Схемы ряда Б отличаются подвижностью матрицы (или полуматрицы).

Простейшие кинематические схемы реализуются при комбинированном выдавливании в неподвижной (схемы А1, А2) матрицах в штампах с преимущественно одним подвижным инструментом - пуансоном. При условии поэтапного ускоренного перемещения матрицы (схема Б1) на наружной поверхности выдавливаемого стакана можно формовать выступы на различном уровне. Для получения более сложных деталей с фланцами большого объема и расположенными на различной высоте необходимо использовать комбинированные способы, активно регулируя кинематику течения металла. По схеме Б2 вначале пуансоном выдавливают металл во фланцевую часть детали, а затем проводят обратное выдавливание. Схема Б3 предусматривает последовательное, вначале поперечное, а потом обратное выдавливание, что создает возможность перемещения в поперечную полость значительного объема металла и формирования массивных фланцев или отростков. Детали с рядом кольцевых утолщений на наружной поверхности можно изготавливать по схеме А3. По схеме А4 поперечное выдавливание фланца предусмотрено на заключительной стадии процесса.

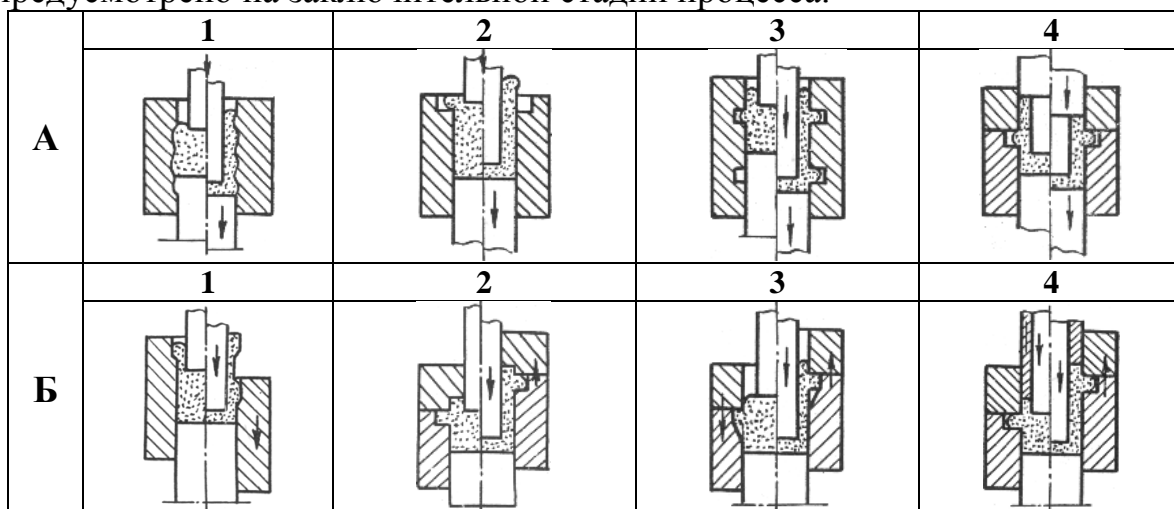


Рисунок 1 – Технологические схемы комбинированного выдавливания

ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З ТВЕРДИХ СПЛАВІВ МЕТОДОМ ОБРОБКИ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Шаповалов М.В., асистент,

Тіторук Т.І., магістрант, Печений О.О., магістрант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Підвищення ефективності та розвиток металообробного виробництва можливо на основі всебічної інтенсифікації роботи обладнання, впровадження прогресивних технологічних процесів, автоматизації та механізації на базі використання новітніх досягнень науки і техніки.

Вирішення цих завдань в металообробці вимагає створення і впровадження високопродуктивного різального інструменту, що володіє підвищеними експлуатаційними властивостями, що має високу надійність і довговічність.

Завжди були і залишаються дуже актуальними завдання, пов'язані з розробкою нових інструментальних матеріалів з високими технологічними параметрами, зі створенням і впровадженням високоефективних методів зміцнення, що дозволяють істотно збільшити стійкість різальних інструментів.

Встановлено ефект об'ємного зміцнення твердосплавного різального інструменту магнітною імпульсною обробкою. Проведені випробування твердосплавних різальних інструментів показали, що обробка імпульсним магнітним полем сприяє підвищенню міцності і зносостійкості інструментального матеріалу при чорновій обробці, тобто в діапазоні малих швидкостей різання і великих подач.

З'ясовано що, при чорновій обробці матеріалів твердосплавними ріжучими інструментами, зміцненими ОІМП, відбувається багаторазова приробітку інструменту з декількома ступенями уповільнення і прискорення процесу зношування, що обґрунтовує підвищення міцності і зносостійкості твердосплавних різальних інструментів, які пройшли ОІМП.

Випробування зразків з твердого сплаву при консольному вигині показали, що інструменти, які пройшли обробку імпульсним магнітним полем мають підвищені в 1,2 - 1,25 рази міцності, а також більш високу однорідність і рівномірність розподілу дефектів за обсягом тіла. Дослідження на абразивне зношування показали, що після обробки імпульсним магнітним полем підвищується абразивна зносостійкість твердосплавних інструментів в 1,3 - 1,4 рази і зменшується коефіцієнт варіації зносу в 1,5 рази.

Використання методів моделювання дозволило встановити оптимальні режими і умови зміцнення, в залежності від марки твердого сплаву і геометричних параметрів інструменту. Визначено оптимальну величину напруженості магнітного поля на підставі виробничих

випробувань твердосплавних різальних інструментів. Встановлено, що застосування обробки імпульсним магнітним полем сприяє:

- підвищення зносостійкості різальних інструментів в 1,2-2 рази;
- зменшення коефіцієнта варіації стійкості в 1,3 - 3,1 рази;
- підвищення гамма-відсоткової стійкості в 1,7 - 2,8 рази;
- зменшення кількості викришування, поломок в зоні приробітку інструменту в 2,7 рази;
- ефект зміцнення після переточування інструменту зберігається.

Застосування обробки імпульсним магнітним полем дозволяє оптимізувати режими різання за продуктивністю обробки, собівартості операції і інструментальним витратам. Встановлено, що при важких умовах різання доцільно оптимізувати режим різання по величині подачі з урахуванням розсіювання стійкості інструментів. Застосування обробки імпульсним магнітним полем твердосплавних інструментів сприяє підвищенню величини оптимальної подачі в 1,2 - 1,3 рази при підвищенні продуктивності в 1,1 - 1,2 рази.

За допомогою системного аналізу процесу механічної обробки встановлено взаємозв'язок між параметрами, що характеризують процес різання, параметрами обробки імпульсним магнітним полем і ефективністю виробництва. На підставі цього розроблена статистична модель, що дозволяє визначити продуктивність механообробки в залежності від властивостей інструментального матеріалу і параметрів обробки імпульсним магнітним полем.

МОНІТОРИНГ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК В УМОВАХ ВИРОБНИЧОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Воронцов Б.С., докт. техн. наук, професор

Ткач І.І., аспірант, асистент

Доля А.А., магістрант

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Україна*

Час продуктивної роботи верстатів з ЧПК в складі сучасного комплексу не перевищує 25...50% від його дійсного фонду часу. Багатономенклатурний характер сучасного машинобудівного виробництва і породжувані при цьому фактори зовнішньої і внутрішньої невизначеності викликають розсіювання техніко-економічних показників проектного комплексу. Вплив зазначених факторів може бути знижено шляхом прогнозування можливостей еволюції комплексів і обліку її наслідків при проектуванні комплексу [1].

Моніторинг ЧПК - система збору виробничих / верстатних даних, структурно представляє собою блок моніторингу, підключений до

верстата, охоплений мережею з сервером підприємства і виведений на клієнтські машини [2].

Схема роботи будь-якої системи моніторингу промислового обладнання передбачає передачу даних з верстатів по локальній (рідше бездротовій) мережі на сервер, з подальшою обробкою і візуалізацією в клієнтських додатках - користувачі отримують картину роботи верстатного парку в режимі реального часу, а також можуть формувати звіти за певний часовий інтервал про стан обладнання, ефективність роботи, причини і час простою, коефіцієнт завантаження і кількість оброблених деталей [3].

На кафедрі технології машинобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблено систему моніторингу верстатів з ЧПК, яка дозволяє проводити моніторинг обробки деталей в режимі реального часу.

Система моніторингу дозволяє підвищити продуктивність використання верстатів та верстатного обладнання на підприємствах. Данна система має повну сумісність з стійкою фірми Naas. Розроблена на базі Java script і працює в Web режимі, тобто користувач має можливість відслідковувати обладнання та вносити певні зміни за завантаженням обладнання в режимі реального часу з будь-якого комп'ютеру або гаджету. Програмний комплекс має невелику вартість адже значно скорочені видатки на обладнання та вдосконалена система передачі та опрацювання даних.

Розроблена програмно-апаратна система моніторингу дозволить задовольнити в повній мірі всі зростаючі потреби сучасного виробництва, забезпечити в рівній мірі отримання даних від верстатів з ЧПК і зменшення простоїв, зв'язати в єдиний інформаційний простір верстати і підрозділи підприємства, підвищити ефективність експлуатації обладнання.

Список посилань

1. Волчкевич И.Л. Научно-методическая база выбора оборудования проектируемых технологических комплексов из станков с ЧПУ в условиях производственной неопределенности: автореф. дис... доктора техн. наук. Москва, 2013. 30 с.
2. Ягудин А. Повышение эффективности использования высокоточных станков с ПУ за счет их непрерывного мониторинга // Управление производством [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/print/library/information_systems/production/effektivnost-spz.html
3. Куркова Ю. Системы мониторинга станков с ЧПУ в России. Обзор технологий и рынка за 2016 г. / Ю. Куркова, А. Васильев, А. Ловыгин, В. Степанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://planetacam.ru/articles/market/sistemy_monitoringa_stankov_s_chpu_v_rossii_obzor_tekhnologiy_iryinka_za_2016_g/

ДЕТАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ЗАСОБАМИ БАЗОВИХ ЯПОНСЬКИХ ІНСТРУМЕНТІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

Норик Е. В., аспірант

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна*

Особливістю якості товарів промислового призначення, враховуючи і машинобудівну продукцію, є їх значний вплив на якість споживчих товарів, тому кожен виріб повинен відображати основні функціональні і стимулюючі характеристики якості, що визначаються споживачем. Першим кроком для підтвердження якості виробу є наявність сертифікату на відповідність стандартам серії ISO 9000, які регламентують що може бути відображено у документації системи керування якістю (СКЯ), але не регламентують її зміст, тому на більшості вітчизняних машинобудівних підприємствах, питання рівня якості вирішуються засобами проведення сертифікації та стандартизації, при цьому ігноруючи створення ефективної та сучасної СКЯ, адаптованої під індивідуальні особливості виробництва [1]. Для подолання цієї проблеми необхідно виокремити позитивні і негативні сторони стандартів серії ISO 9000 [2], в яких описані основні вимоги до систем якості, наведено переваги загального управління якістю TQM та проведено аналіз основних принципів та інструментів якості, які наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Принципи СКЯ і інструменти контролю якості

Принципи СКЯ	Інструменти СКМ
	Цикл Шухарта-Демінга
14 принципів Демінга	Контрольні карти Шухарта
	10 етапів підвищення якості Джурана
14 абсолютів Кросбі	«Нуль дефектів» Кросбі
	Ощадливе виробництво
8 принципів ISO 9000	6 сигма
	7 простих інструментів
	Тайм-менеджмент

Втрати споживчих цінностей відбуваються на різних етапах життєвого циклу продукції, тому головним завданням моніторингу втрат якості залишається виявити та сприяти усуненню причин утворення невідповідності на кожному етапі, з метою досягнення очікуваного рівня якості продукції споживачем. Через невирішеність організаційних аспектів застосування розроблених інструментів забезпечення якості продукції, СКЯ на вітчизняних машинобудівних підприємствах без їх постійної підтримки та вдосконалення не сприяють підвищенню конкурентоспроможності виробленої продукції.

Список посилань

1. Харченко Т. Б. Впровадження бенчмаркінгу як інструменту управління якістю/ Т. Б. Харченко // Молодий вчений. - 2016. - № 6. - С. 128-131. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2016_6_34
2. О. В. Никулина, Е. И. Ладыгина Сравнительная оценка ИСО и TQM в деятельности международных компаний, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://docplayer.ru/26366650-Sravnitelnaya-ocenka-iso-i-tqm-v-deyatelnosti-mezhdunarodnyh-kompaniy.html>

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ЛЕЗОВІЙ ОБРОБЦІ ГУМОВОТКАНИННИХ КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК

Вірич С.О., канд. техн. наук, доцент

Богун В.Б., магістр

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Гумові технічні вироби (ГТВ) застосовують практично в усіх сферах народного господарства. Експлуатація повітряного, водного, автомобільного, залізничного транспорту і енергетичних установок неможлива без використання довговічних і надійних гумових ущільнень. У машинобудуванні і будівництві застосовують гумові амортизатори, опори та інші силові еластичні вироби. Гірничодобувна, вугільна, металургійна галузі промисловості значну частину вантажів транспортують конвеєрами. В даний час номенклатура виробництва ГТВ включає більше 100 тис. найменувань масою від десятих часток грама до кількох тонн [1]. Основна складова таких виробів - гума. Основою гуми, в свою чергу, є різні каучуки - мономери, вуглеводневі, нітрільні, сульфідні та ін. Крім каучуку, гума містить наповнювачі, пластифікатори, вулканізуючі речовини, прискорювачі та інші спеціальні компоненти [2, 3].

Найбільш характерним об'єктом, що піддається механічній обробці, є гумовотканинні конвеєрні стрічки, які часто доводиться обробляти різанням, а точність і якість поверхні визначають якість одержуваних сполук. Ефективність роботи стрічкових конвеєрів багато в чому визначається технічним станом стрічок і, перш за все, станом стикових з'єднань. До 70% простоїв і трудомісткості обслуговування стрічкових конвеєрів пов'язані з відновленням стикових з'єднань.

Одним з факторів, що впливають на міцність стикового з'єднання [4] є якість обробленої поверхні. Від якості обробки поверхні залежить міцність і довговічність стику.

Таким чином, механічна обробка гумових і гумовотканинних виробів є досить поширеною. При цьому сформована поверхня значною мірою визначає якість одержуваних деталей. З цієї точки зору зрозумілий інтерес до технологій різання гуми і гумовотканинних виробів.

Міцність гуми набагато нижче міцності матеріалів, традиційно оброблюваних різанням, тому особливих проблем з руйнуванням

заготовки, стійкістю інструменту немає. Однак, на практиці, при обробці деталей з гуми виникає багато проблем іншого роду. Матеріал пружний, деформації при різанні можна порівняти з розмірами оброблюваних деталей. Розрахунки похибки обробки за існуючими методиками некоректні. Теж можна сказати і про оцінки формується шорсткості. Сформована теорія формування мікрогеометрії поверхні деталі при різанні, не враховують специфіки різання гуми, а фізична картина в цьому випадку істотно відрізняється від різання металів.

Метою дослідження є вдосконалення технології при лезовій обробці гумовотканинних конвеєрних стрічок і забезпечення якості одержуваних поверхонь. Для досягнення поставленої необхідно спочатку вирішити такі завдання: проаналізувати існуючі способи механічної обробки гумовотканинних конвеєрних стрічок; провести теоретичні дослідження процесу різання гумовотканинних конвеєрних стрічок, встановити картину формування шорсткості поверхні.

Список посилань

1. Котов, М. А. Зарубежный опыт стыковки конвейерных лент на угольных шахтах / М.А. Котов, Ю.И. Григорьев, В.В. Шконда // Темат. обзор. -М.: ЦНИЭИуголь, 1986.
2. Билан, И.Е. Методика расчёта параметров стыковых соединений резинотканевых конвейерных лент [Текст] / И.Е. Билан, Е.М. Высочин, П.М. Деркач // Киев: Наукова думка. - 1970. - 9 с.
3. Высочин, Е.М. Стыковка и ремонт конвейерных лент на предприятиях чёрной металлургии [Текст] / Е.М. Высочин, Е.Х. Завгородний, В.И. Заренков// М.: Металлургия 1989.
4. Волотковский, В. С. Износ и долговечность конвейерных лент [Текст] / В.С. Волотковский, В.С. Нохрин, Е.Г. Герасимова // М.: Недра 1976.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

*Вірич С.О., канд. техн. наук, доцент,
Бабенко М.О., канд. пед. наук, доцент,
Кміт Є.В., магістр*

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Надійність роботи деталей машин у значному ступеню визначається якістю їх поверхневого шару. Існує чисельний ряд деталей обертання, довговічність роботи яких напряму залежить від зношування робочих поверхонь. Наприклад, вали виходять із ладу із-за зношування шийок, а саме: відбувається зміна посадочного розміру під підшипник, пластичне деформування при аварійних перевантаженнях.

На підвищення зносостійкості таких деталей вплив здійснюють в основному збільшення мікротвердості та округлена форма мікронерівностей поверхневого шару. Тому найбільш ефективними технологічними методами, що формують оптимальне поєднання параметрів якості відповідальних поверхонь деталей обертання є фінішні операції.

Одним із найбільш простих та ефективних способів із забезпечення управління в широкому діапазоні показників якості є поверхнева зміцнююча обробка поверхневим пластичним деформуванням (ППД). Згідно із сучасними дослідженнями ППД забезпечує підвищення зносостійкості, опір втомі, контактної витривалості та інших експлуатаційних властивостей деталей на 20...50 %. На сьогодні існує велика кількість методів обробки ППД, що постійно вдосконалюються та створюються нові із притаманними для них особливостями.

При виборі метода та проектуванні операції ППД не вдається дотримуватись звичайної послідовності проектування фінішної операції з причини такої специфічної властивості оздоблювально-зміцнюючої обробки ППД, як більш тісна взаємозалежність вихідних та сформованих параметрів якості поверхневого шару, параметрів інструмента та умов обробки у порівнянні з будь-яким іншим методом.

Для обрання оптимального методу ППД для обмеження кількості запропонованих методів і схем оздоблювально-зміцнюючої обробки необхідно орієнтуватись на ряд таких критеріїв: вид обробки (оздоблювальна, оздоблювально-зміцнююча, зміцнююча), жорсткість і розміри деталі, форма та розміри оброблюваної поверхні, необхідні параметри якості поверхневого шару (глибина й ступінь зміцнення, вид слідів обробки, шорсткість та ін.).

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталей типа «вал» можливе шляхом обрання раціонального методу оздоблювально-зміцнюючої обробки ППД із урахуванням зазначених вище критеріїв. Подальше проектування операцій ППД включатиме в себе: розрахунок геометричних параметрів інструмента й режимів обробки, визначення техніко-економічних показників обраної групи методів поверхнево-пластичного деформування.

Список посилань

1. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / Суслов А.Г., Федоров В.П., Горленко О.А. и др. ; под общ. ред. А. Г. Суслова. – М. : Машиностроение, 2006. – 447 с.
2. Гурув, Р.В. Методология проектирования операций отделочно-упрочняющей обработки деталей машин поверхностно-пластическим деформированием // Вестник БГТУ. – 2010. – №4 – С. 17-24.
3. Пшибыльский, В. Технология поверхностной пластической обработки. – М. : Металлургия, 1991. – 479 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

**«МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА МОЛОДИХ:
прогресивні ідеї – наука – виробництво»**

**МАТЕРІАЛИ
XVIII Міжнародної
науково-практичної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол № 4 від 25.10.2018

Підп. до друку 24.10.2018
Ум. друк. арк. 5,81.
Тираж 100 пр.

Формат 60×84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. 5,42.
Зам. № 29

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК №1633 від 24.12.2003