

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

МАТЕРІАЛИ
IV Міжнародної
науково-технічної конференції

Краматорськ 2006

УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали четвертої Міжнародної науково-технічної конференції 5-8 червня 2006 року / Під заг. ред. В.Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – 108 с.

ISBN 966-379-076-8

В збірнику наведені матеріали до вирішення актуальних проблем важкого машинобудування, конструювання, виготовлення та експлуатації машин, верстатів, інструментів, розробки та впровадження прогресивних енергозберігаючих технологій.

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Федорінов В.А., к.т.н., проф., ректор ДДМА

Члени комітету:

Алієв І.С., д.т.н., проф., проректор з НДР ДДМА
Бушуєв В.В., д.т.н., проф., зав. каф. МГТУ "СТАНКИН", Росія
Берсуцький Я.Г., д.е.н., проф., ректор ДУЕГП
Внуков Ю.М., д.т.н., проф., проректор з НДР ЗДТУ
Гавриш А.П., д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
Грабченко А.І., д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
Дюбнер Л., докт.-інж., проф., МГУ, Магдебург, Німеччина
Єрмоєнко О.А., ген. директор ВАТ "СКМЗ"
Залога В.О., д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ
Захаров М.В., д.т.н., проф., зав. каф. СНАТУ
Клименко Г.П., д.т.н., проф. ДДМА
Клименко С.А., д.т.н., проф., заст. директора ІНМ НАН України
Клименюк М.М., д.е.н., проф., зав. каф. АМУ
Ковалевський С.В., д.т.н., проф., проректор ДДМА
Ковальов В.Д., д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
Колесников В.М., ген. директор ВАТ "КЗВВ"
Матюха П.Г., д.т.н., проф., зав. каф. ДНТУ
Мельничук П.П., д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
Михайлов О.М., д.т.н., проф., зав. каф. ДонНТУ
Мироненко Є.В., д.т.н., декан ДДМА
Мовшович О.Я., д.т.н., проф., гол. інж. ХНДІТМ
Нагорняк С.Г., д.т.н., проф., декан ТДТУ
Новіков М.В., академик НАН України, директор ІНМ
Павленко І.І., д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
Панков В.А., к.е.н., проф., ген. директор ЗАТ "НКМЗ"
Петраков Ю.В., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
Равська Н.С., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
Рамазанов С.К., д.т.н., проф., зав. каф. СУНУ
Родін П.Р., д.т.н., проф. член-кор. НАН України, НТУУ "КПІ"
Струтинський В.Б., д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
Тимофєєв Ю.В., д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

ISBN 966-379-076-8

© ДДМА 2006

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ

Клименко Г.П.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Особенностью эксплуатации твердосплавного инструмента на тяжелых станках является большая доля выкрашиваний и поломок режущей части. Исследования условий обработки деталей на тяжелых токарных станках на основе информационного банка данных показал, что параметры деталей, их свойства и размеры, фактически применяемые режимы резания на заводах разных отраслей тяжелого машиностроения подвержены значительному рассеиванию. Установлено, что коэффициенты вариации параметров эксплуатации инструментов, характеризующих степень их рассеивания, колеблются в очень широких пределах. Статистическая обработка данных сил, крутящих моментов и мощности резания при точении твердосплавным инструментом показала, что их распределение не противоречит логарифмически нормальному закону и имеет большое рассеивание параметров.

В связи с этим, для повышения стабильности свойств инструмента, уменьшения поломок и выкрашиваний при обработке деталей на тяжелых станках возникает необходимость учета рассеивания как внешних нагрузок, так и свойств самого инструмента при выборе их конструктивных параметров, в частности, размеров режущей пластины, увеличение которых до определенной величины существенно повышает прочность инструмента.

Разработаны математические модели прогнозирования надежности технологической системы, оптимизации режимов резания и норм расхода инструмента для тяжелых станков с учетом особенностей их эксплуатации. Учитывались параметры станков, прочность и надежность режущего инструмента, которые обеспечивались как на стадии его проектирования и изготовления, так и на стадии эксплуатации.

Рассматривая процесс эксплуатации инструмента как сложную иерархическую систему, разработана методология оценки качества процесса. Управляющие параметры процессом эксплуатации инструмента определены с учетом количественных показателей качества. Разработаны инженерные методики расчета конструктивных параметров и расхода режущего инструмента с учетом особенностей эксплуатации. Все это позволило найти пути повышения производительности и снижения расхода инструмента при обработке деталей на тяжелых станках.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ШТАМПОВКИ

Алиев И.С., Грудкина Н.С., Савчинский И.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для анализа технологических и силовых режимов наиболее часто в силу его простоты и точности применяют энергетический метод верхней оценки. Для оперативного анализа используют метод кинематических элементов, позволяющий описать сложные схемы течения при помощи элементарных модулей, решение для которых уже известно. Суммарная оценка величины приведенного давления в этом случае равна сумме приведенных давлений модулей, входящих в технологическую схему.

При анализе силового режима часто возникает задача учета дополнительных силовых и кинематических воздействий. Например, давление раскрытия находят путем линеаризации мощностей внешних сил относительно входящих скоростей, что по методу верхней оценки, т.е. при жестких кинематических элементах выполняется автоматически.

Исследование кинематических модулей показало, что треугольные модули с прямолинейными границами обладают свойством обратимости, т.е. способности к определению приведенного давления при инверсии изменении направления векторов входной скорости по отношению к скорости выхода и при других сочетаниях векторов скоростей входа и выхода в зону деформации. Свойство трансформации решения, полученного для одного сочетания направлений векторов скорости на входе и на выходе к другим сочетаниям векторов входа-выхода, является важным свойством расчетного модуля, способствующим расширению возможностей его оперативного использования и приспособляемости. Это особенно важно в методе кинематических модулей, когда модуль данного вида необходимо оперативно встроить в конструкцию разрывного поля скоростей, описывающего течение металла в очаге деформации сложной конфигурации. При продольном выдавливании решения, полученные для прямого выдавливания можно используя суперпозицию скоростей трансформировать для поля скоростей обратного выдавливания. То есть, получив решение для варианта, можно найти давление и для схемы течения и далее, путем инверсии направления векторов скоростей перейти к решению для схемы течения типа. Это свойство полезно и для решения задачи определения силового режима в процессах, протекающих в условиях дополнительных кинематических и силовых воздействий при выдавливании в штампах с разъёмными или подвижными матрицами, а также на прессах двойного или тройного действия.

При энергетическом подходе характеристики комбинированного течения материала заготовки находятся во взаимосвязи с балансом мощностей из условия минимума полной энергии деформирования. Эффективность применения в качестве варьируемых переменных кинематических (скоростных) параметров. Отмечена целесообразность решения проблемы минимизации путем введения четырехугольных (ромбических) жестких элементов.

Как показывают опытные данные, схемы одновременного выдавливания по нескольким направлениям в зависимости от особенностей формирования очага деформации можно разделить на три группы: объединенный, присоединенный и разъединенный очаги.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОГО КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Алиева Л.И., Мороз Б.С.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина, ДГТУ, г. Ростов на Дону, Россия)

Использование численного моделирования целесообразно как при оценке возможностей новых способов деформирования, так и при технологической подготовке производства новых изделий. С целью анализа качества заготовок и установления возможностей новых способов комбинированного выдавливания выполнено моделирование процесса с помощью конечно-элементной программы QForm [1].

В результате моделирования выполнен анализ течения металла по способам штамповки, рассчитаны напряженно-деформированное состояние заготовок различных типоразмеров на стадиях выдавливания (рис. 1)

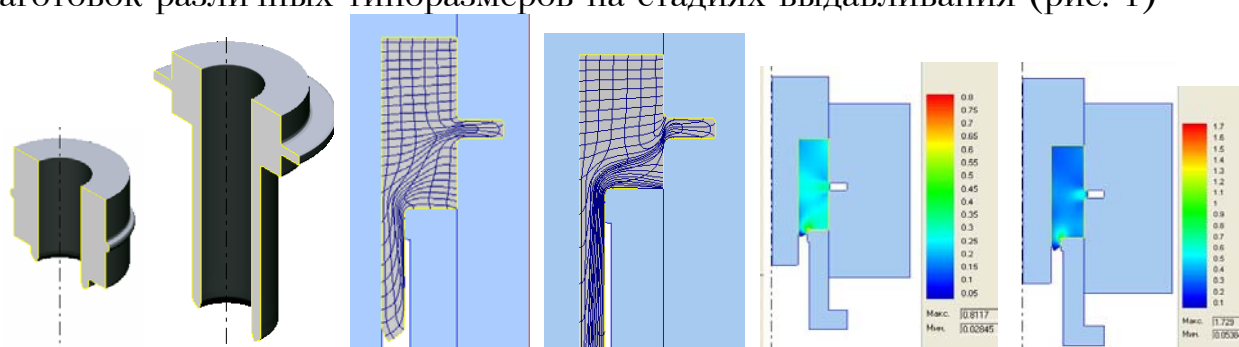


Рисунок 1

Трехмерное изображение полуфабриката дает возможность просмотра его внешнего вида и оценки нарастания размеров в среде QForm. Полученные данные о напряженно-деформированном состоянии заготовки на этапах формоизменения позволяют судить о распределении деформаций и напряжений в объеме деформируемой заготовки и изучить закономерности образования дефектов типа утяжин и отрывов заполненных фланцев.

Установлена эффективность способов управляемого комбинированного радиально-прямого выдавливания в подвижных матрицах, предусматривающих разделение очагов деформации истечения на основных стадиях штамповки. Установлена существенная роль условий контактного трения в моделях процессов выдавливания, прогнозирующих течение металла с несколькими степенями свободы течения. Для обоснованного принятия значений коэффициентов трения проведены эксперименты по непосредственному измерению сил контактного трения при выдавливании.

Выполненное моделирование процесса выдавливания свидетельствует о целесообразности использования конечно-элементной программы QForm при разработке процессов изготовления изделий по новым технологическим способам холодного выдавливания.

Литература: 1. Биба Н.В., Стебунов С.А. QForm – программа, созданная для технологов / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. - 2004, - №9.- С. 38 - 41.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИШ И НАДЕЖНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аносов В.Л.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Процесс проектирования режущего инструмента на начальном этапе предполагает определение его потенциальных функциональных ниш. На последующих этапах с использованием банка данных эксплуатации аналогов, а затем и по результатам испытаний опытных образцов создаваемого инструмента, определяются характеристики надежности, и делается вывод о его соответствии требованиям. Для оперативного проведения статистических расчетов на основании многолетних исследований, проводившихся в ДГМА, разработана специализированная информационная система анализа функциональных ниш и надежности. При проектировании информационной системы был применен унифицированный язык создания моделей – UML (Unified Modeling Language), отображающий разноплановое видение системы.

Исходными данными для изучения функционального пространства являются вариационные ряды параметров, характеризующих условия использования инструмента. Для торцевых фрез это ширина фрезерования и припуск, которым соответствуют диаметр фрезы, глубина резания, а также связанная с последней длина режущей кромки. Надежность анализируется по рядам периода стойкости, времени восстановления. Выполняется проверка исходных данных на выпадающие значения, подбирается теоретический закон распределения.

С использованием системы изучались характеристики восстанавливаемости ряда конструкций торцевых фрез. Сравнение выполнялось по следующим эмпирическим показателям: среднее время восстановления T_{cp} , дисперсия σ , коэффициент вариации W , функция плотности распределения времени замены пластины и ножа $f(t_b)$ а также вероятности замены за указанное время $Q(t_b) = 1 - P(t_b)$. По теоретическому закону распределения определялось гамма-процентное время восстановления T_γ . Для большинства конструкций плотность распределения времени замены экспериментальных данных соответствует логарифмически-нормальному закону либо распределению Вейбулла-Гнеденко, и лишь для фрез со стабильным процессом восстановления, распределение соответствует нормальному. По результатам анализа внесены изменения в конструкцию узла крепления ножа разрабатываемой фрезы.

Разработанная система может быть использована как при проектировании режущего инструмента, так и в учебном процессе дисциплины "Математическое моделирование процессов резания и режущих инструментов".

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ.

Баляса Р.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

The problems of management-information architecture (MIA) development at the operating enterprises have been regarded. The examples of interrelation of MIA development and the enterprise organization structure have been given and different ways of upgrading have also been offered.

Эффективность процесса управления на предприятии во многом зависит от того, насколько системы автоматизации (от технологии до финансов) информационно взаимосвязаны между собой. От своевременности полученной информации зачастую зависят результаты принимаемых решений. Так, например, одними из ключевых моментов любого договорного соглашения являются: стоимость заказа и сроки его выполнения. Владея информацией о технологическом процессе, материальных затратах и о прочих производственных и финансовых ресурсах, необходимых для выполнения проекта, руководитель может четко и оперативно определить себестоимость проекта и сроки окончания работ. Проблема заключается в том, как и в каком месте объединить две части одной информационно-управленческой архитектуры предприятия.

При максимальном уровне детализации производственного процесса и сохранения в информационной базе технологических параметров, появляется возможность оперативного доступа к плановым и фактическим показателям не только текущего, но прошедших периодов, необходимых как для принятия управленческих решений, так и для организации производственного процесса.

Для организации информационного обмена между экономическими службами и производственно-технологическими подразделениями предлагается разработать в автоматизированной системе группу взаимосвязанных справочников и документов, предельно детализирующих производственные процессы, а также отчеты, позволяющие в доступной форме преподнести необходимую для принятия решений информацию.

Таким образом, информационно-управленческая архитектура данного предприятия будет подвержена значительным изменениям. Например, конструкторы и технологи получают доступ к базам данных экономического характера, а экономисты получают возможность анализировать сроки и уровни сложности технологических процессов.

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ИНСТРУМЕНТА

Бартель Г.П., Манюк В.И.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

The technology designed costeffectively on the basis of a new brand of a red-hard steel, methods of precise moulding and heat treatment of bars of a large instrument providing heightened hardness, heat resistance and endurance. The technology is acceptable to different sorts of a molten instrument.

В тяжелом машиностроении используется большое количество разнообразного инструмента (режущего, штампового для холодной или горячей деформации и др.), ресурс которого полностью не вырабатывается из-за индивидуального или мелкосерийного способа производства и хранения которого требует значительных площадей. Списание по актам в расход или металлолом снижает эффективность использования не только инструмента, но и дорогостоящей инструментальной стали. Имеется также инструмент, не подлежащий восстановлению и попадающий в металлолом.

Литейная технология позволяет многократно использовать дорогостоящие инструментальные стали и тем самым обеспечивает малоотходную технологию производства инструмента различного назначения.

На кафедре литейного производства ДГМА разработана технология литья расплава из различных марок стали для заготовок инструмента в комбинированную литейную форму – металлический кокиль с вкладышами из материалов с различной теплопроводностью.

Комбинированная литейная форма позволяет обеспечить направленное затвердевание литой заготовки, высокий уровень механических свойств в рабочей поверхности инструмента, снизить затраты на изготовление оснастки, по сравнению с цельным металлическим кокилем. Использование взаимозаменяемых вкладышей позволяет применять групповую универсальную технологию получения заготовок в литейной технологии.

Экономический эффект достигается за счет получения литых высококачественных заготовок для различного износостойкого инструмента в кратчайшие временные сроки, повышению точности и уменьшению припусков на механическую обработку, сокращению длительности термической обработки.

Технология приемлема для различных видов инструмента и защищена патентами Украины.

ПРОГРАММНЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ СЕБЕСТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ

Борискина Н.А., Сердюк А.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Определение оптимальных режимов резания целесообразно проводить по критерию себестоимости обработки, являющейся слагаемой полной себестоимости продукции.

Цель работы – повышение эффективности фрезерования за счет определения рациональных режимов фрезерных операций по критерию себестоимости обработки.

Поскольку модель обладает свойствами нелинейности, многосвязности, то существует необходимость в разработке программного обеспечения с целью автоматизации трудоемкого процесса расчета рациональных параметров резания. Для этого был применен программный пакет MathCad. Разработанный алгоритм дополняет существующие методики расчета оптимальных режимов фрезерования. В нем учтены расходы на режущее лезвие, которые включают его стоимость, расходы на заточку и расходы, связанные с простоем станка во время замены инструмента; учитывается функциональная зависимость между стойкостью инструмента и режимами резания.

Последовательность выполняемых действий:

- 1 Принимается фиксированное значение подачи и определяется для этого значения зависимость себестоимости обработки от скорости резания.
- 2 Определяется оптимальная (экономическая) скорость резания и экономическая стойкость инструмента при оптимальной скорости резания.
- 3 Определяется зависимость оптимальной скорости резания от подачи (для каждой подачи будет своя оптимальная скорость).
- 4 Проводится анализ зависимости себестоимости резания C_{tex} от подачи при обработке с оптимальной (для каждого значения подачи) скоростью резания.
- 5 На завершающем этапе проводится анализ ограничений, которые следует учитывать при оптимизации: ограничения скорости резания мощностью привода главного движения станка, ограничения подачи.

Используя полученную математическую модель можно получить семейство графиков зависимости себестоимости от подачи с возможностью определения из него рациональной скорости резания, а так же семейство графиков зависимости себестоимости от подачи при фиксированной рациональной скорости резания.

Полученные графики зависимостей, позволили сделать вывод, что процедура определения рациональных режимов фрезерования сводится к решению одной задачи – определению оптимального значения скорости. Для найденного значения скорости допустимо изменение подачи (с учетом технологических условий), которое не приведет к существенным изменениям себестоимости.

ВИСОКОШВИДКІСНЕ ТОРЦЕВЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ. ЗОНИ ВІБРОСТІЙКОЇ РОБОТИ

Виговський Г.М., Громовий О.А., Білявський М.Л.
(ЖДТУ, м. Житомир, Україна)

Використання процесів високошвидкісного чистового торцевого фрезерування дозволяє підвищити продуктивність та якість обробки плоских поверхонь деталей. Одним з найбільш відповідальних вузлів фрезерних верстатів є шпиндельний вузол (ШВ), до якого пред'являються жорсткі вимоги за швидкохідністю, точністю і навантажувальною здатністю. В ШВ застосовуються в якості опор різні типи підшипників – кочення, аеростатичні та магнітні. При використанні фрезерних верстатів для процесів високошвидкісного торцевого фрезерування виникає необхідність застосування великих частот обертання, наслідком чого є поява резонансів та віброактивності технологічної системи.

З огляду на вищенаведене ціллю статті є: аналіз результатів проведеного експерименту для підтвердження математичних залежностей, які б визначали зони мінімальних вібрацій з врахуванням конструктивних особливостей торцевих фрез, оснащених полікристалічними надтвердими матеріалами та автоматичного балансування шпинделя активними магнітними підшипниками.

В умовах виробництва ВАТ "Львівський завод фрезерних верстатів" під час обробки чавуну АЧВ-2 на верстаті 6Р46З з ЧПК торцевою фрезою в діапазоні частот обертання: $200-30000 \text{ хв}^{-1}$ виникають активні вібрації технологічної системи.

Для мінімізації вібрацій в заданій технологічній системі авторами статті запропоновано будувати номограми стабільності.

Таким чином в роботі представлена:

Залежність, яка відображає залежність між жорсткістю шпиндельного вузла і оптимальною керуючою силою активного магнітного підшипника.

Диференційне рівняння, що дає можливість визначення зон мінімальних вібрацій технологічної системи за побудованими номограмами стабільності процесу обробки.

Проаналізовані результати експерименту, які підтверджують розраховану номограму стабільності за критерієм мінімуму вібрацій.

В подальших дослідженнях будуть: продовжені дослідження впливу активних магнітних підшипників на стан системи торцева фреза – шпиндельний вузол, розглянуті інші методи балансування високошвидкісного прецизійного шпиндельного вузла з метою встановлення зон вібростійкої роботи.

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СБОРОЧНОГО РЕЗЬБОЗАВЕРТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Водолазская Н.В., Искрицкий В. М., Водолазская Е.Г.
(ДонНТУ, г. Донецк, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

In given paper the calculation energy, inertially-kinematic parameters of springy-power feature elements a rarely percussive a box wrenches are executed which one allow to raise efficiency of level to mechanizations of assembly large threaded connections.

Необходимость механизации и автоматизации технологических процессов в тяжелом машиностроении особенно остро ощущается при сборочных работах, занимающих 25-30% всех трудовых затрат. Перспективным направлением решения проблемы сборки крупных резьбовых соединений является использование гайковертов ударного действия, в частности, редкоударных, которые отличаются высокой удельной энергоемкостью и стабильными энергетическими параметрами.

Ударные механизмы в таких гайковертах осуществляют перемещение бойков маховика и кулачков наковальни или с помощью кулачкового механизма (кинематическое зацепление), или с помощью специальных силовых приспособлений (силовое зацепление). Более высокая удельная энергоемкость достигается в редкоударных гайковертах с силовым инерционным зацеплением при радиальном перемещении бойков. В таких конструкциях бойки освобождаются от стопорения в строго ориентированном относительно кулачков наковальни положении с тем, чтобы за довольно малый промежуток времени поворота маховика на угол раствора кулачков наковальни они успели полностью переместиться на величину зацепления. Полное зацепление бойков, исключение кромочного удара достигается правильным выбором инерционных параметров и силовых характеристик возвратной пружины.

В работе проанализированы дифференциальные уравнения движения элементов механизма на каждом из четырех этапов. Установлено, что с учетом трения движение бойков на наиболее важном третьем этапе вхождения бойков в зацепление носит характер затухающих колебаний со смещенным центром. При этом условие безкромочного соударения будет достигнуто, если требуемая величина удаления бойков не превышает полуразмах колебаний, а время поворота маховика на угол зацепления равняется четверти периода колебаний. Выбранные из этих условий параметры возвратной пружины обеспечат полное радиальное перемещение бойков с минимальной относительной скоростью в конце перемещения.

Выполненные расчеты энергетических, инерционно-кинематических параметров упруго-силовых характеристик элементов редкоударных гайковертов позволяют повысить эффективность уровня механизации сборки крупных резьбовых соединений.

НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ PLM-СИСТЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Володченко В.В.
(ДИТМ МНТУ, г. Краматорск, Украина)

В современных условиях, кроме требований к качеству выпускаемой продукции, добавляется еще и необходимость сокращения времени выхода ее на рынок при одновременном удовлетворении индивидуальных потребностей клиентов. Сегодня крупные производители промышленной продукции сосредотачиваются на выработке концепции и проектирования продукции, а все остальное: от разработки до сборки – передают в аутсорсинг другим предприятиям. Но для контроля и интеграции всех процессов необходимы технологии, объединяющие и автоматизирующие все этапы жизненного цикла продукта.

К числу таких технологий относится PLM (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом продукта). PLM – это набор программных компонентов обеспечения коммуникаций, интеграции модулей автоматизированного проектирования и визуализации, а также других решений, охватывающих полный жизненный цикл продукта. Решения класса PLM призваны объединить всех участников, обеспечивающих жизненный цикл как внутри предприятия-производителя, так и вне его, в том числе поставщиков, клиентов и сервисных центров.

Хранилище PLM позволяет производителю сохранить опыт, накопленный на предыдущих проектах, значительно упростить контроль за актуальностью информации, идентифицировать ошибки и избежать перепроектирования (по оценкам аналитиков, не менее 70% затрат на производство и сопровождение продукции приходится на этап проектирования).

Сегодня данные PLM-систем требуются всему топ-менеджменту предприятия, и их можно разделить на три взаимосвязанных составляющие управления жизненным циклом: жизненный цикл определения изделий (интеллектуальные активы предприятия); жизненный цикл производства (материальные активы предприятия); жизненный цикл операционной поддержки.

Эти циклы представляются тремя спиралями. Первичным является жизненный цикл управления интеллектуальными активами, который начинается с оценки пользовательских требований, выработки концепции продукта, а завершается, когда предприятие полностью отказывается от продукта, в том числе и от его сервисной поддержки. За ним следует второй цикл – производственный, который включает все, что связано с выпуском и распределением готовой продукции. Основными приложениями, реализующими функции этого цикла, являются системы управления ресурсами предприятия (ERP). Внешний, операционный цикл поддерживают системы управления финансами, кадрами, взаимоотношениями с клиентами и др. (CRM, SCM и др.)

Таким образом, технология PLM обеспечивает стратегический подход к бизнесу, предлагающий непрерывный набор бизнес-решений, который поддерживает коллективный режим создания, управления, распределения и использования продуктов.

ГИПЕРБОЛОИДНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБА

Воронцов Б.С.

(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Проблема повышения качества, производительности и снижения себестоимости изготовления цилиндрических зубчатых колес является актуальной. Решение этой проблемы в значительной степени зависит от применяемого инструмента. Особый интерес представляет зуборезный инструмент, основанный на схемах формообразования третьего класса, позволяющий значительно повысить производительность и качество обработки.

В последнее время возросло количество работ, посвященных изменению профиля зубьев колеса для улучшения эксплуатационных свойств зубчатых передач. Синтезированные передачи обладают большей нагрузочной способностью, чем эвольвентные.

Целью работы является разработка математического аппарата визуального динамического синтеза гиперboloидных инструментов для изготовления цилиндрических колес, профиль зубьев которых можно изменить с помощью управляющих элементов в процессе конструирования в зависимости от требований эксплуатации передач.

В работе рассматривается способ интерактивного синтеза, когда исходный контур производящей поверхности реечного типа описан кривой Безье третьего порядка:

$$x_k = f_1(\lambda, X) = (1 - \lambda)^3 x_{p0} + 3(1 - \lambda)^2 \lambda x_{p1} + 3(1 - \lambda) \lambda^2 x_{p2} + \lambda^3 x_{p3} ;$$

$$y_k = f_2(\lambda, Y) = (1 - \lambda)^3 y_{p0} + 3(1 - \lambda)^2 \lambda y_{p1} + 3(1 - \lambda) \lambda^2 y_{p2} + \lambda^3 y_{p3} .$$

Здесь λ – переменная величина; $X = (x_{p0}, x_{p1}, x_{p2}, x_{p3})$,
 $Y = (y_{p0}, y_{p1}, y_{p2}, y_{p3})$ – векторы координат управляющих точек кривой Безье.

Первоначально задается кривая (произвольная или полученная в предыдущих исследованиях) описывающая профиль производящей поверхности реечного типа для изготовления зубчатых колес. Эта кривая аппроксимируется кривой Безье. С помощью управляющих элементов на экране монитора можно управлять формой этой кривой и, одновременно, отслеживать характер изменения геометро-кинематических показателей по всему рабочему участку зубьев передачи.

Получены аналитические зависимости для определения поверхностей зубьев гиперboloидных инструментов для изготовления цилиндрических колес с произвольным профилем зуба и разработано программное обеспечение для визуального динамического синтеза.

ПЛАЗМЕННО–МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Гаврыш В.С., Хаустова А.В.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Крупные заготовки, получаемые путем вакуумно-дугового, плазменно-дугового и электрошлакового переплавов имеют на поверхности литейную корку (корону), содержащую около 70% вредных примесей, обладающую большой твердостью (НВ 250-310). Механическая обработка таких слитков является трудоемкой и малоэффективной, так как режущий инструмент быстро выходит из строя, а уникальные обрабатывающие станки моделей 1682А, 1683Т и 1А630 работают с очень низкой производительностью. Одним из путей решения проблемы обработки высокопрочных сталей и сплавов является плазменно-механическая обработка (ПМО). При этой обработке плазма дает возможность чрезвычайно быстро нагревать заготовки на значительную глубину, снижать прочность, твердость и склонность к упрочнению сталей, уменьшать истирающую способность материалов с весьма твердыми структурными составляющими. Сдерживающим фактором применения ПМО в промышленности является отсутствие мощных высокоресурсных плазмотронов и научных основ для выбора температуры нагрева заготовки и ее связи с параметрами реза. Решение указанных проблем потребовало проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований. В результате которых были разработаны научные основы для выбора температуры предварительного нагрева заготовок, обеспечивающие при заданных параметрах реза (подачи, глубины и скорости) максимальные производительность и стойкость инструмента. Впервые теоретически обоснован и экспериментально осуществлен метод нагрева обрабатываемой поверхности комбинированными плазменными потоками, т.е. в зависимости от режима течения (чернового, получистового или чистового), а также от толщины срезаемого слоя на поверхность воздействуют или плазменной дугой или плазменной струей. Это потребовало разработки плазмотрона с полым медным катодом, генерирующий как плазменную дугу, так и плазменную струю мощностью 60-100 кВт и ресурсом работы более 100 ч.

Таким образом, полученные нами результаты исследований позволили не только решить комплекс актуальных задач, связанных с повышением эффективности ПМО за счет улучшения процесса плазменного нагрева и оптимизации технологических параметров реза, но и открыть новые перспективы ее развития.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ГОМЕОСТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Гитис В.Б., Поставная Е.Ю.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При принятии решения о подготовке к выпуску новой продукции либо на этапе формирования пакета заказов возникает проблема оценки технико-экономических показателей продукции в кратчайшие сроки. Процесс производства продукции является сложной динамической системой, которую необходимо поддерживать в состоянии гомеостатического равновесия. Гомеостат воплощает в себе механизм управления, предназначенный для поддержания значений каждого показателя в заданных пределах, выявления внутрисистемных взаимосвязей между ними и определения множества состояний системы.

Определить в отдельности значение каждого из технико-экономических показателей продукции (трудоемкость (Т), себестоимость (С) и материалоемкость (М)) позволят нейронные сети – самообучающиеся системы, способные анализировать вновь поступающую информацию, находить в ней закономерности, производить прогнозирование. Расчет значений технико-экономических показателей производится на основе вектора характеристик детали (X_i), вектора экономических факторов (Y_j) и вектора характеристик материала детали (Z_k) (рис. 1).

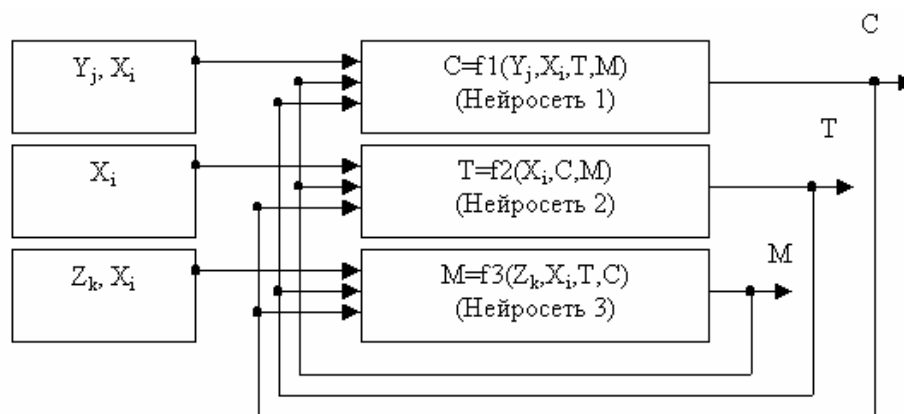


Рисунок 1 – Нейросетевая гомеостатическая модель.

Обучение нейросети проводится с учителем, где каждому входному вектору соответствует целевой вектор, представляющий собой требуемый выход. Создание гомеостатической модели производится на основе спрогнозированных значений технико-экономических показателей и значений их значимости. Предложенная нейросетевая гомеостатическая модель позволяет определить изменение технико-экономических показателей в результате изменения одного или нескольких влияющих факторов.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА ОБОЛОЧЕК Порошковых проволочек

Гринь А.Г., Богуцкий А.А., Бойко И.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Качество сварных соединений и наплавленного металла в значительной мере определяется количеством, размером, составом и распределением неметаллических включений.

Снижение содержания неметаллических включений в металле наплавки или шва можно достичь за счет управления процессом удаления продуктов раскисления и сульфурации, а также предотвращения попадания примесей и экзогенных включений, что актуально при ограниченном времени существования сварочной ванны.

Из литературных данных известно, что содержание неметаллических включений в наплавленном металле зависит от их наличия в ферросплавах. Так объемная доля включений в применяемом ферромарганце и ферросилиции достигает 0,4%, и представлены силикатами и сульфидами.

Степень загрязненности шихтовых материалов и материала оболочки определяет чистоту наплавленного металла.

Задача управления качеством наплавки, в частности снижения неметаллических включений в наплавленном металле, частично может решаться выбором материала оболочки порошковой проволоки.

Для оценки качества металла оболочек порошковых проволочек нами выполнено ряд исследований.

Исследованием нетравленных микрошлифов установлено, что металл всех образцов загрязнен преимущественно мелкими сульфидными включениями со средним размером $d_{cp} = (2,2-4,0)$ мкм неправильной и угловатой формы, а также пленочного типа. Встречаются отдельные оксидные и силикатные неметаллические включения диаметром до 12 мкм.

Средний размер включений всех групп вычисляли используя соотношение (1)

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i B_i}{\sum_{i=1}^n B_i} \quad (1)$$

где n – количество размерных интервалов; d_i – средний размер включений в i -м размерном интервале, мкм; B_i – уровень загрязненности металла ленты включениями размером d_i ;

Общая загрязненность включениями определялась по выражению (2)

$$B_{общ.} = \sum_{i=1}^n B_i \quad (2)$$

Критерий "чистых лент" проявляется в снижении общего уровня загрязненности, при уменьшении содержания сульфидов, силикатов, оксидов, серы, фосфора и газов.

ВЫБОР СОСТАВА НАПОЛНИТЕЛЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ СВАРКИ МЕДИ

Гринь А.Г., Карпенко В.М., Свиридов А.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При сварке меди наряду с необходимостью обеспечения высоких показателей теплопроводности и электропроводности металла сварных швов возникает требование снижения в нём растворимости кислорода, так как кислород существенно ухудшает механические свойства меди.

Для обеспечения раскисления меди в состав шихты порошковой проволоки необходимо вводить такие компоненты как шлакообразующие (фторидные соединения) и активные раскислители.

Согласно проведенным расчетам для связывания 0,2-0,4% O_2 в металле шва при сварке открытой дугой необходимо ввести 0,57-1,14% Zr, 0,225-0,45% Al, 0,3-0,6% Ti, 0,087-0,174% Si, 0,75-1,5% Mn. Наибольшей раскисляющей способностью обладает цирконий. В области высоких температур марганец не является раскислителем. Цирконий даёт тугоплавкий окисел с большим удельным весом. Довольно активны раскислители титан и алюминий, они образуют тугоплавкие окислы с малым удельным весом. Окислы Ti, Zr, Al трудно удаляются из сварочной ванны, из-за чего резко ухудшается формирование шва. Исследовались также следующие реакции раскисления меди фторидами.

Возможность протекания такой реакции и начальная температура ее определялось по энергии Гибса до "0" (рис. 1).

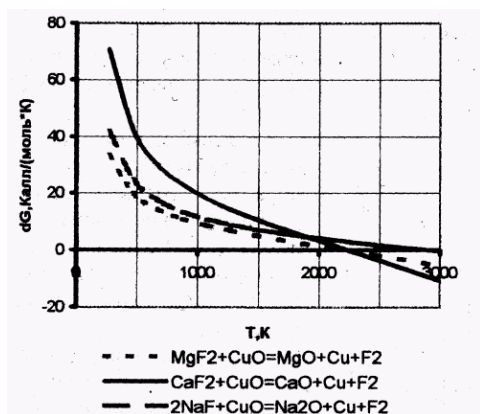


Рисунок 1 – Термодинамические расчеты

Реакция начинается при температуре более 1600К. Наиболее высокая температура раскисления характерна для NaF. Использование AlF_3 не целесообразно в связи с тем, что образуется оксид Al_2O_3 , который загрязняет металл шва ухудшая его механические свойства.

При использовании SiF_4Na_2 повышается стойкость швов против образования пор, также увеличивается глубина проплавления основного металла. Применение CaF_2 (флюорита)

положительно проявляется при сварке, хотя при этом ухудшается кроющая способность шлака и его отделимость. Криолит и фтористый магний положительно влияют на плавление электрода, но наряду с этим ухудшается формирования шва.

В результате применения рассмотренного состава проволоки можно наиболее эффективно влиять на процесс раскисления металла шва, при этом существенно повысить механическую однородность сварного шва.

ПРЕССОВАННАЯ ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ СВАРКИ МЕДИ

Гринь А.Г., Свиридов А.В., Шаповалов К.П.
(ДГМА, ЗАО "НКМЗ", г. Краматорск, Украина)

В настоящее время для сварки меди широко применяется порошковая проволока сложной конструкции, которую используют без дополнительной защиты.

Недостатком такого способа есть то, что не обеспечивается равномерное заполнение трубки порошковым наполнителем. Кроме этого в процессе сварки и наплавки проволока плавится со стороны оболочки, частично оплавляя порошковый наполнитель. Не расплавленная часть наполнителя разрушается и попадает в сварочную ванну, где частично расплавляется, дополнительно легируя металл, другая часть, увеличивая в нем содержание неметаллических включений. В результате чего получается химическая и механическая неоднородность сварного шва. Причем такое явление проявляется независимо от способа заполнения оболочки, (порошки, прессованные таблетки, или спеченные гранулы).

Актуальным является повышение однородности сварочных свойств наполнителя, а также повышение механических свойств проволоки.

Поставленная задача достигается применением прессованной порошковой проволоки. Ее изготовление основано на производстве металлической крупки из обычной порошковой проволоки, для сварки меди и последующего прессование брикета.

Обычную порошковую проволоку трубчатой конструкции из медной ленты 0,6×15 мм и шихты, которая состоит из металлических порошков, минералов перетягивают до диаметра 3 мм с коэффициентом заполнения 15-18%. Из этой проволоки механическим способом получают крупку, которую размещают в контейнере с шихтой и подвергают прессованию.

Горячее прессование осуществлялось на горизонтальном гидравлическом прессе через матрицу нужного диаметра. Температура нагрева заготовки составила 750°С. Усилие на прессе составило 15000 кН.

В результате прессования удалось получить проволоку без нарушения однородности по образующей. Далее осуществлялась перетяжка прессованной проволоке в нагретом состоянии до диаметра 4 мм. После прессования и волочения проволока имеет показатели механических свойств, которые обеспечивают возможность ее использования в качестве электродной проволоки при электродуговой сварке и наплавке.

Проволока обеспечивает улучшение структурной и химической однородности металла сварных соединений, повышение коэффициентов перехода легирующих элементов.

ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Гузенко В.С., Бабин О.Ф., Денщик Р.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Фрезерование представляет собой сложный процесс резания, характеризующий регулярно повторяющимися последовательными резами, что обуславливает изменение сил резания и возникновение вибраций.

При этом некруглость фрезы обуславливает модуляцию амплитуды, а колебания скорости вращения шпинделя и крутильные колебания обуславливают модуляцию частоты.

Обычно, для улучшения динамических характеристик станков используют следующие методы:

- увеличение жесткости упругой системы станка;
- увеличение демпфирования системы с помощью пассивных демпферов и гасителей колебаний;
- увеличение демпфирования системы с помощью активных демпферов.

Первый метод – увеличение жесткости упругой системы станка, как правило, экономически не оправдан из-за больших затрат. Применение пассивных демпферов ограничено из-за того, что их эффективность распространяется на узкую полосу частот. Наиболее перспективным направлением улучшения динамических характеристик станков – применение активных демпферов.

На кафедре металлорежущих станков и инструментов ДГМА разработана конструкция коробки скоростей фрезерного станка, которая состоит из шпиндельного узла и активного демпфера, роль которого выполняет двигатель постоянного тока. Следует отметить, что в этом случае не полностью устраняются колебания стола в продольном направлении, вызываемые переходными процессами при снятии кратковременной нагрузки, т.е. при выходе зуба фрезы из зоны резания, которые могут приводить к раскрытию стыков, что особенно нежелательно на низких частотах вращения шпинделя. Поэтому, наряду с установкой активного демпфера необходимо обеспечить условие замкнутости кинематической цепи привода подач. При рациональном конструировании приводов фрезерного станка в соответствии с приведенными рекомендациями можно значительно снизить динамические перегрузки.

ПОВЫШЕНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЦОВ

Гузенко В.С., Мироненко Е.В., Марчук Е.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При выборе конструкции резца следует учитывать целый комплекс его свойств. При черновой обработке деталей производительность и приведенные затраты в значительной мере определяются прочностью и жесткостью резца, а при чистовой – жесткостью и износостойкостью резца. Для резцов разных конструкций изменение износостойкости в основном обусловлено их различной прочностью и жесткостью; при этом необходимо учитывать и дополнительные факторы – удобство обслуживания и восстановления резца, его технологические возможности и универсальность.

Разработаны две новых конструкции крепления, которые обеспечивают дополнительное повышение жесткости и технологичности.

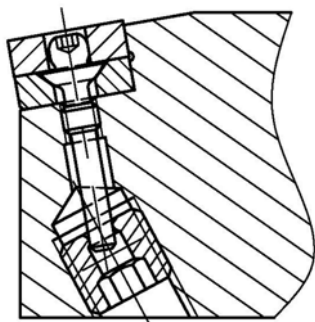


Рисунок 1

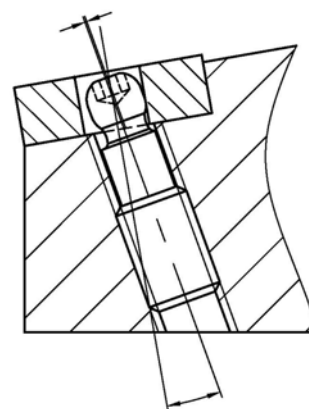


Рисунок 2

При работе сборного инструмента, в котором отсутствуют прижимные усилия режущей и опорной пластины по опорным поверхностям, возможно появление зазоров, а как следствие возникновение вибраций. В первой конструкции (рис. 1) прижимные усилия опорной пластины по опорной поверхности к корпусу обеспечивается резьбовой частью качающегося штифта, а гайка обеспечивает необходимое усилие закрепления режущей пластины по упорной поверхности.

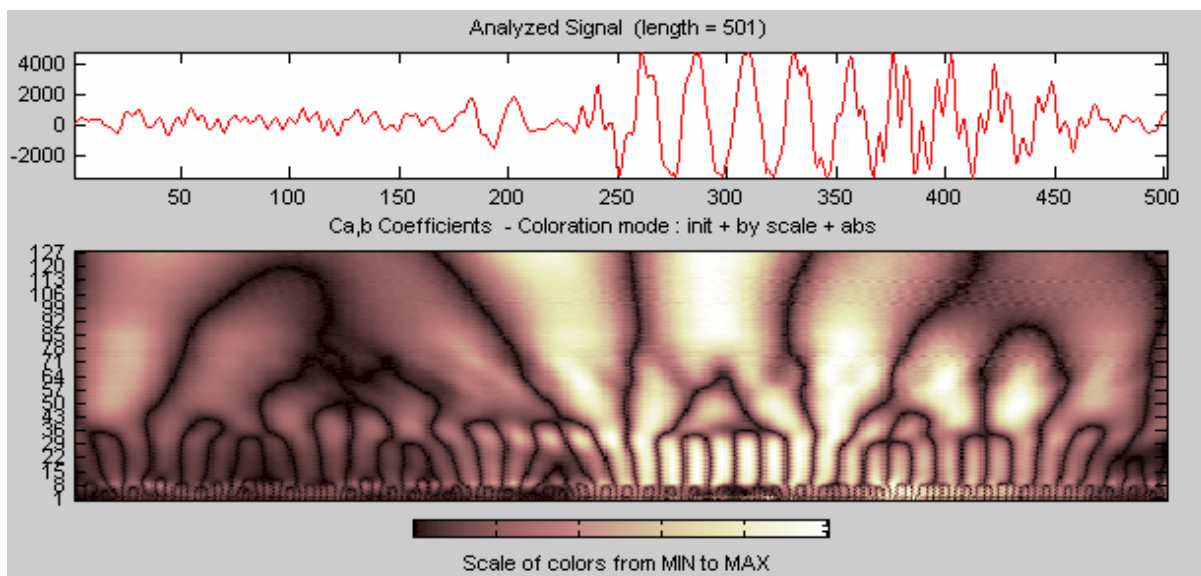
При работе малогабаритного сборного инструмента, в котором не обеспечивается прижатие по опорной и упорной поверхностям, возможно появление зазоров, а следовательно возникновение вибраций. В новом режущем инструменте (рис. 2), в гнезде корпуса которого расположены режущая пластина закрепленная с помощью эксцентричной головки штифта, расположенного под углом к оси отверстия режущей пластины, а соединение штифта с отверстием корпуса выполнено резьбовым. При такой конструкции возникает сила трения головки штифта по отверстию режущей пластинки, что создает необходимое усилие прижатия по опорной поверхности, а эксцентриситет создает усилия прижатия по упорной поверхности.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Гузенко В.С., Полупан И.И.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Благодаря прекрасному представлению локальных особенностей диагностических сигналов, принципиально отсутствующему у рядов Фурье, вейвлеты нашли практическое применение для анализа особенностей сложных сигналов и очистки их от шума.

В данной работе проводился анализ процесса резания отрезными резцами с помощью пакета Wavelet Toolbox.



Для получения спектрограммы исследуемых сигналов применялась техника непрерывных вейвлет-преобразований. Спектрограмма представляет собой значения коэффициентов вейвлетов в плоскости масштаб (номера коэффициентов) – время. В самом верхнем окне можно наблюдать исходный сигнал (взято 500 точек отсчета, что соответствует времени 0,008 с). На спектрограмме, можно отметить, что где-то до 250-й точки отсчета процесс отрезания стабилен (что соответствует равномерной темной окраске спектрограммы). В интервале с 250-й по 450-ю точки (временной интервал соответствует 0,0032 с) окраска резко меняет контраст, что показывает резкое изменение динамического состояния процесса резания в указанном временном интервале. Это связано с образованием и срывом нароста на передней поверхности инструмента.

Таким образом, применение вейвлет-преобразований для обработки сигналов позволяет нам определять характер изменения динамического состояния процесса резания.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ КОНТАКТУ ПРИ ФРИКЦІЙНОМУ ЗМІЦНЕННІ

Гурей Т.А.

(Пі ім. В.Чорновола, м. Тернопіль, Україна)

Широке застосування на практиці знаходять методи поверхневого зміцнення деталей машин із використанням висококонцентрованих джерел енергії. Структурно-фазові зміни, які проходять у процесі цих обробок характеризуються формуванням двох якісно різних структурних зон – зони вторинного гартування (білого шару) і зони термічного впливу зі структурою високошвидкісного відпуску. Пряме вимірювання температури на поверхні металу в зоні контакту зміцнювального інструмента і деталі утруднено через високу швидкоплинності процесу та локальність його дії. Метою роботи є визначення температури у зоні контакту інструменту і деталі з використанням аналітико-експериментальним методом.

Припустимо, що джерела тепла в оброблюваній циліндричній деталі радіусом R виникають тільки в області контакту S , причому їх інтенсивність Q невідома. Вважаємо також, що зміцнення деталі доволі тривале і тоді задачу можна розглядати у квазістаціонарній постановці. Область контакту інструмент-деталь рухаються по гвинтовій лінії, нахиленій під кутом γ до твірної циліндра. Розподіл джерел тепла в області S , а потім і температури в деталі визначали експериментальним заміром температури на її поверхні перед областю контакту.

Теоретичний розв'язок задачі теплопровідності у рухомій циліндричній системі координат r, z, φ має вигляд:

$$T(r, z, \varphi) = A_0(r, z) + 2 \operatorname{Re} \left[\sum_{n=1}^{\infty} A_n(r, z) e^{in\varphi} \right],$$

$$\text{де } A_n(r, z) = \sum D_{nj} J_n(q_{nj} \rho) \Phi_{nj}(\xi), \quad D_{nj} = \frac{2Bi \cdot q_{nj}^2}{(h^2 - Bi^2 - q_{nj}^2) I_n(q_{nj})},$$

$$\Phi_{nj}(\xi) = \begin{cases} 2b_{nj} \lambda_{nj}^{(2)} \operatorname{sh}(\lambda_{nj}^{(1)} \xi_0) e^{\lambda_{nj}^{(1)} \xi} & \text{при } \xi < -\xi_0; \\ b_{nj} \left[\lambda_{nj}^{(2)} (1 - e^{\lambda_{nj}^{(1)} (\xi - \xi_0)}) - \lambda_{nj}^{(1)} (1 - e^{\lambda_{nj}^{(2)} (\xi - \xi_0)}) \right] & \text{при } |\xi| \leq \xi_0; \\ 2b_{nj} \lambda_{nj}^{(1)} \operatorname{sh}(\lambda_{nj}^{(2)} \xi_0) e^{\lambda_{nj}^{(2)} \xi} & \text{при } \xi > \xi_0; \end{cases}$$

Отримані залежності показали, що максимальна температура в зоні контакту інструмента та деталі суттєво залежать від розмірів зони контакту. Так, при значенні півширини зони контакту 1 мм максимальна температура в зоні контакту досягає до 1250 К, при збільшенні зони контакту до 2 мм максимальна температура зменшується вже до 1000 К.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННОЙ КЕРАМИКИ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Гусев В.В., Киселева И.В.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Надежность машиностроительной продукции может быть достигнута за счет улучшения качественных показателей поверхностного слоя. Процессы повреждения и разрушения формируются в поверхностных слоях деталей и элементов машин и конструкций. Требования к физико-механическим свойствам и поверхностному слою детали вытекают из ее назначения, места и условий эксплуатации.

В соответствии с системным подходом производство, эксплуатацию и утилизацию деталей (изделий) из конструкционной керамики (КК) можно рассматривать как техническую систему, а другую часть материального мира с ней связанную рассматривают как окружающую среду. Рассматриваемая система "жизненного цикла" деталей из КК, имеет иерархическое строение и состоит из подсистем: синтеза порошка, получения заготовки, механической обработки, упрочнения поверхностного слоя, эксплуатации и утилизации.

Параметры выходного вектора подсистемы заготовки являются составной частью входного вектора подсистемы шлифования, и они определяют физико-механические свойства обрабатываемого материала, размеры припусков на обработку, величину дефектов поверхностного слоя, возникающего на предшествующих переходах (операциях) механической обработки. Системный подход позволил проанализировать формирование эксплуатационных характеристик изделий из технической керамики при алмазном шлифовании с учетом всех этапов изготовления деталей, процессов взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым материалом, закономерностей формирования рабочей поверхности круга и поверхностного слоя деталей из керамики.

Был проведен анализ подсистемы шлифования для выявления влияния условий обработки на формирование структуры дефектного слоя, которая характеризуется: глубиной h_0 , поверхностной плотностью обработочных дефектов n_0 , совместным распределением плотности $f(l_0, \alpha_0)$ обработочных дефектов по размерам (l_0) и ориентации (α_0).

На основании выполненных исследований разработаны новые схемы шлифования, методика по выбору характеристики инструмента, режимов алмазного шлифования, с учетом требований по вероятности безотказной работы по прочности изделия и требованиям по высотным параметрам микрорельефа поверхностного слоя деталей из керамики.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Данич В.Н.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

This article focuses on the used concept of information-administrative architecture (IAA) of subjects of managing. The concept of IAA of subjects of managing and monitoring IAA, as means of forecasting and management of a given process is offered. Information models and databases of IAA are created.

Выбор эффективных управленческих технологий, структур и систем управления диктуется законами рынка и представляет одну из важнейших стратегических задач субъектов хозяйствования. Процесс видоизменения, распространения систем управления в последние десятилетия является многопланово быстрым. Важнейшим дополнительным фактором, усиливающим быстроту изменений, является экстенсивное развитие рыночной среды, характерное для переходных экономик. Появление массы малых и средних частных предприятий естественным образом порождает проблему формирования вначале просто приемлемых, а затем и эффективных систем управления. В целом, проблема выбора и совершенствования организационных структур и систем управления предприятиями превратилась в одну из важнейших на современном этапе развития народно-хозяйственного комплекса Украины. Способам решения данной проблемы и посвящена статья.

Информационно-управленческие структуры предприятий автором предложено называть архитектурами. Данное словосочетание – информационно-управленческая архитектура (ИУА) – точно отражает разнородный и в то же время согласованный характер единой сущности – системы управления. Автором обоснована принадлежность процессов распространения информационно-управленческих технологий, структур и систем к классу быстрых, лавинообразных, предложена и реализована концепция мониторинга ИУА, для ее реализации разработаны объектные и реляционные модели и базы данных ИУА, что дает возможность определять и распространять наиболее эффективные, предпочтительные информационно-управленческой архитектуры предприятий и учреждений.

В данной статье детализованы возможности, определена система запросов, выработаны практические рекомендации по использованию результатов мониторинга ИУА в управлении предприятием.

ИНФОРМАЦИОННО УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Данич В.Н., Дёмин М.К., Шкибтан О.Н.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Эффективность деятельности предприятий в значительной степени зависит от рационального построения систем управления. Потребность в инвестициях при создании современных систем управления всегда велика, а имеющиеся в наличии инвестиционные ресурсы всегда ограничены. В связи с этим на практике перед руководством организаций всегда стоит задача выбора наиболее эффективного варианта реализаций инвестиций в системы управления. Опишем, каким образом решается эта проблема одним из предприятий машиностроительного комплекса ОАО "Торезтвердосплав".

На данный момент на заводе работает 56 человек. В 1995 году было принято решение о создании на ОАО "Торезтвердосплав" отдела Информатики и Автоматизации. В его состав входило два инженера-программиста. На тот момент завод располагал всего двумя ПК. С помощью этих машин решались в основном бухгалтерские и счетно-статистические задачи. С каждым годом количество ПК возрастало, к концу 2005 их насчитывалось 22.

С использованием персональных компьютеров специалистами службы ИАСУ были разработаны и внедрены жизненно-важные для завода задачи такие, как: финансы, учет наличия и движения товарно-материальных ценностей, основных фондов, труд и заработная плата, система конструкторско-технологической подготовки производства. Для учета кадров применяется программа Снежнянского ИВЦ, фирмы Коминтех.

Руководство завода четко представляет, какие ИТ используются, хорошо проинформировано об их достоинствах. А также дает задания, по устранению недостатков/сведению их к минимуму. Приведем пример. Учет посещаемости сотрудников ведется сейчас следующим образом. Чтобы попасть на территорию предприятия, на проходной оставляют пропуск и в течение дня, пока человек находится на работе, пропуск лежит на проходной. Там дежурные фиксируют время прибытия на работу сотрудников. Если надо по каким-то причинам выехать с территории завода, то пишется заявление на имя председателя правления и подписывается у него. Это неудобно и отнимает время. Поэтому планируется на заводе сделать электронную проходную (турникет), вход/выход будут осуществляться по электронным пропускам, так как это быстро, удобно, к тому же необходимость в постоянном дежурстве на вахте отпадет.

Изменения организационной структуры проводились из соображений, основанных на личном опыте, проводился анализ структур предприятий, схожих по решаемым задачам, схожими процессами, и успешно функционирующих, при совершенствовании управленческой структуры прибегали к помощи эксперта по управлению.

Интересно отметить, что сотрудники завода считают, что эти вопросы автоматизации исключительно в компетенции высшего руководства. То есть сотрудники не проявляют активного содействия внедрению новых ИТ, но и противодействия, которое может быть вызвано боязнью сокращений или другими страхами, тоже не наблюдается.

МАТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПЕРСОНАЛУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Дарченко Н.Д.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Результативність є невід'ємною складовою ефективності: якщо ефективність характеризує використання наявних ресурсів для досягнення поставлених цілей, то результативність відображає ступінь їх досягнення. Отже оцінка результативності – необхідна передумова розроблення заходів щодо підвищення ефективності. Результати роботи будь-якого структурного підрозділу підприємства характеризуються низкою параметрів, у т.ч., наприклад, кількістю, якістю і своєчасністю виробленої продукції або наданих послуг, ефективністю використання при цьому наявних ресурсів, продуктивністю праці персоналу, ступенем задоволення потреб замовника (споживача), співвідношенням фінансових ресурсів і характером їх використання, умовами праці персоналу тощо. При цьому навіть при погіршенні деяких з показників роботи підрозділу можливим є поліпшення загального результату за рахунок перевиконання по інших показниках. Тому для оцінки результативності підрозділу в цілому необхідно одержати сумарний, загальний коефіцієнт шляхом зважування окремих показників за допомогою експертних оцінок. Такий коефіцієнт буде враховувати не тільки значення, а й значущість (питому вагу) кожного з показників у загальному результаті. Аналогічним є підхід до визначення результативності роботи окремого працівника – члена колективу структурного підрозділу. Це досягається з використанням матричного методу оцінки результативності, процедура якого складається з наступних етапів: формування переліку і ранжування критеріїв результативності, складання шкали бальної оцінки, створення матриці для кожного об'єкту оцінки і розрахунок результативності за формулою:

$$R_i = \sum_{k=1}^n (Z_k^i \cdot O_k^F),$$

де R_i – результативність i -го об'єкту у звітному періоді; Z_k^i – значущість k -го показника для загальної результативності i -го об'єкту, %; O_k^F – оцінка фактичного результату по k -му показнику, бали; n – кількість показників результативності i -го об'єкту.

Застосування матричного методу вимірювання результативності дозволяє не тільки оцінити ступінь ефективності роботи працівників із досягнення заданих результатів, а й становить основу для певних заходів щодо активізації діяльності персоналу у виробничому процесі, в першу чергу, удосконалення системи матеріальної, моральної і соціальної мотивації працівників.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Донченко Е.И.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Опыт эксплуатации и экспериментальные исследования показали, что при обработке деталей на фрезерных станках с участками значительной ширины при нормативных режимах резания могут возникать автоколебания. Характерными являются как низкочастотные автоколебания (30-50 Гц), так и автоколебания более высоких частот (порядка 100 Гц), сопровождающиеся интенсивными колебаниями в цепи привода главного движения.

Для их регистрации необходимы чувствительные датчики вибрации, работающие в диапазоне частот от единиц до сотен герц. Были рассмотрены различные варианты построения измерительного канала, наиболее целесообразным признано использование пьезоэлектрических виброизмерительных преобразователей ДН-5.

Эти преобразователи наряду с высокой чувствительностью, (номинальное значение коэффициента преобразования $31,5 \frac{мВ \cdot с^2}{м}$ на частоте 63 Гц, уровень сигнала шума на выходе не более 250 мкВ) имеют верхнее значение рабочего диапазона частот 500 Гц, а нижняя граничная частота рабочего диапазона определяется в соответствии с величиной входного сопротивления согласующего устройства. Для нижней границы рабочей частоты 2 Гц сопротивление согласующего устройства составляет 1 ГОм.

На основании обозначенных требований был разработан согласующий повторитель напряжения на базе малощумящих операционных усилителей К1423УД1 включенных по схеме неинвертирующего усилителя с единичным коэффициентом усиления. Входное сопротивление усилителя превышает 1 ГОм, наличие микротокowego режима энергопотребления позволило сделать питание повторителя полностью батарейным и таким образом исключить помехи по цепи питания. Кроме того, в повторителе не используются электролитические конденсаторы, что позволило избавиться от собственных им фликер-шумов.

Для преобразования аналогового сигнала с датчиков в цифровую форму был использован АЦП фирмы L-CARD E-440 с подключением к порту USB ноутбука. Наиболее оптимальным является режим усиления 16, с диапазоном входного сигнала $\pm 0,625 В$ и разрешением 78 мкВ. Время преобразования АЦП составляет 2,5 мкс, что позволяет обрабатывать 16 аналоговых каналов на частоте 25 кГц.

В свою очередь, использование ноутбука вместо персонального компьютера позволило существенно снизить помехи по цепи питания компьютера, ранее выступавшие значительным фактором.

ВЛИЯНИЕ АКТИВАТОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ БОРОХРОМИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

Заблоцкий В.К., Дьяченко Ю.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Questions of change of structure and properties of coverings on carbonaceous steels after saturation by a pine forest and chrome in powder mixes are considered. Laws of formation of wearproof coverings are established.

Долговечность различных деталей машин, механизмов, приборов, установок, а также инструмента, испытывающих воздействие агрессивных сред (при нормальных условиях и повышенных температурах) и подвергающихся циклической нагрузке или интенсивному изнашиванию, определяется механическими и физико-химическими свойствами их рабочих поверхностей.

Одним из основных методов повышения стойкости указанных деталей является химико-термическая обработка.

Борохромирование является эффективным методом повышения качества боридных покрытий.

Для достижения поставленной цели проводили исследование образцов из углеродистых сталей 10 и У13, подвергнутых диффузионному борохромированию в порошковых смесях, состоящих из: 10-40% B_4C + 40-10% $FeCr$ + 48 Al_2O_3 + 2 NH_4Cl и 10-40% B_4C + 40-10% $FeCr$ + 43 Al_2O_3 + 7 Na_3AlF_6 . Насыщение проводили в контейнерах с плавким затвором, температура процесса составляла $1000^\circ C$, выдержка – 5 часов, охлаждение контейнера – с печью. Структуру слоя исследовали с помощью металлографического микроскопа МИМ – 8 и микротвердомера ПМТ-3. Применяли химическое травление микрошлифов в 4% растворе азотной кислоты в этиловом спирте и тепловое травление.

В результате установлен важный фактор влияния состава смеси и активатора на формирование структуры поверхностного слоя при борохромировании в порошковых смесях.

Применение в качестве активатора хлористого аммония в составе насыщающей смеси способствует образованию пористых слоев. Применяя в качестве активатора криолит, можно получить беспористые слои, имеющие высокую твердость и износостойкость. Следовательно, применение криолита в качестве активатора при борохромировании с целью упрочнения деталей машин и инструмента является более предпочтительным, чем применение хлористого аммония.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФФУЗИОННЫХ ТИТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИНСТРУМЕНТАХ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Заблоцкий В.К., Лапченко А.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

The mechanism of formation of a layer is offered at saturation steels and irons the titan. Influence of structure and a percentage parity of a sating component, the inert additive and the activator in a sating mix on formation of a layer is established.

Титанирование проводят с целью повышения коррозионной и кавитационной стойкости мало-, средне- и высокоуглеродистых сталей (нелегированных и легированных), а также поверхностной твердости и износостойкости двух последних видов сталей. Из всех известных способов титанирования наиболее широко в промышленности применяется насыщение в порошковых смесях, поскольку оно отличается простотой исполнения, не требует дорогостоящей оснастки, взрывобезопасно. Однако, недостатком этого процесса является трудность получения качественных поверхностных слоев с учетом марки стали и чугуна, состава насыщающей смеси.

Сегодня важным для промышленного применения титанирования в порошковых смесях является прогнозирование структуры и свойств получаемого слоя. Для выполнения этого условия нужны данные о влиянии содержания углерода в сталях и чугунах, а также состава насыщающих смесей на строение и свойства поверхности слоя. В первую очередь это относится к компонентам, которые поставляют атомы титана и к активаторам, влияющим на диффузию процесса.

Целью данной работы являлось изучение влияния содержания титана в компонентах смеси, типа инертной добавки и активатора на формирование структуры поверхностного слоя углеродистых сталей и чугуна при насыщении в порошковых смесях.

Предложен механизм образования диффузионного слоя при титанировании сталей и чугунов, который заключается в диффузии атомов титана в металл и встречной диффузии к ним атомов углерода. При недостатке атомов титана и углерода для образования карбида TiC образуется твердый раствор Ti и C в железе. На процесс карбидообразования при титанировании высокоуглеродистых сталей и белого чугуна оказывает влияние как состав поставщика атомов титана и активатора, так и их процентное содержание в насыщающей смеси. Наиболее оптимальным составом является: 70...80% Ti, 13...23% Al₂O₃ и 7% CaF₂. В результате на поверхности высокоуглеродистых сталей образуется слой карбида титана, под ним – твердый раствор титана в железе, а на поверхности белого чугуна – сплошной карбидный слой без переходной зоны твердого раствора.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛИТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЖАРОСТОЙКОСТИ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ИЗ НИХРОМА Х20Н80

Заблоцкий В.К., Шимко А.И.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Известно, что алитирование более чем в 10 раз повышает срок работы нагревателей из сплава 0Х23Ю5А для цементационных печей. Целесообразность применения процесса алитирования для нагревателей из нихрома Х20Н80 очевидна, особенно, если учесть отсутствие в его составе алюминия, который дополнительно повышает жаростойкость. Однако сведения по этому вопросу в литературе отсутствуют.

Целью данной работы является изучение особенностей изменения структуры и свойств поверхностного слоя нихрома до, и после алитирования.

Для достижения поставленной цели, первоначально исследовали проволоку диаметром 6 мм из нихрома Х20Н80 после длительного периода эксплуатации в печи ШЦН-110. Было установлено, что поверхностный слой проволоки на глубину до 0,25 мм имеет рыхлую структуру с распространением окисления по границам зерен, в сердцевине – металл плотный, имеет низкую микротвердость, характерную для твердых растворов. Естественно, что наличие дефектного слоя на поверхности снижает электросопротивление нагревателей и мощность печи. Те же нагреватели после зачистки, подвергали алитированию при 1000°С 3 часа в порошковой смеси. Алитированные образцы подвергались химическому травлению в 4%-ом растворе азотной кислоты и тепловому травлению при 1000°С в течение 5 минут, с последующим охлаждением на воздухе. После химического травления на поверхности металла наблюдался слой повышенной твердости, состоящий из алюминидов (Cr, Ni)Al, затем промежуточный светлый тонкий слой неизвестного состава, расположенный между поверхностным слоем и основным металлом, представляющим собой твердый раствор. После теплового травления поверхностный слой контактирует с промежуточной зоной, состоящей из двух параллельно расположенных слоев: темного – со стороны алюминида и белого – со стороны основного металла.

Поскольку, окисление исследовалось в плоскости шлифа, то можно сказать, что структура поверхностного слоя обладает повышенной окислостойкостью в нагревательных элементах. Это подтвердили исследования окислостойкости алитированных и неалитированных образцов из нихрома. Неалитированные образцы имели темную окраску, а алитированные светлую, в большей степени характерную для соединения Al_2O_3 , которое наблюдалось после алитирования жаропрочного сплава Х12Н20ТЗМ.

Полученные результаты исследований указывают на целесообразность применения алитирования для повышения жаростойкости нагревателей, изготовленных из нихрома.

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОСТАВЩИКОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ОСНАЩЕННОГО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Залога В.А., Ивченко А.В., Собокарь Д.Е.
(СумГУ, г. Сумы, Украина)

В настоящее время все заметнее увеличивается доля используемого в промышленности инструмента с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин, представленного на отечественном рынке широкой гаммой различных как отечественных, так и зарубежных производителей, осуществляющих свою деятельность в Украине, в основном, посредством фирм-представителей. В этих условиях отечественным машиностроительным предприятиям все труднее "разобраться" в достаточно широкой гамме предложений при покупке режущего инструмента со сменными многогранными пластинами из твердого сплава, и все актуальнее перед потребителями этого вида продукции возникает вопрос: "Какому поставщику инструмента отдать предпочтение?"

В данной работе представлены результаты анализа не только основных факторов, которые влияют на принятие такого решения (качество инструмента, цена и имидж предприятия – изготовителя), но показатели работы фирм-представителей (время и точность выполнения заказа, надежность обеспечения рекламируемых ими эксплуатационных характеристик инструмента, гарантийное обслуживание потребителя и т.п.).

Авторами предложена методика принятия решения при покупке твердосплавного режущего инструмента со сменными многогранными пластинами. В основу данной методики положен аппарат линейного программирования метод анализа иерархий, структура которого позволяет включать несколько иерархических уровней со своими критериями. Для упрощения алгоритма расчетов предложенная методика основывается на интегральном методе оценки уровня качества исследуемой продукции в процессе эксплуатации. Данный метод оценки уровня качества работы поставщика позволяет учесть как стоимость приобретенного инструмента (пластины), так и затраты предприятия при его использовании в реальных производственных условиях, что позволяет оценивать уровень качества режущего инструмента для различных производственных ситуаций (наибольшая производительность технологического процесса, наименьшая себестоимость обработки заготовки, экономия времени, твердого сплава и др.) Таким образом, при использовании предложенной методики можно не только оценивать качество исследуемой продукции и качество работы поставщиков, но и выбирать оптимальный инструмент в зависимости от вероятности возникновения различных производственных ситуаций.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТАЛЕЙ

Залога В.А., Криворучко Д.В.
(СумГУ, г. Сумы, Украина)

Развитие технологии виртуального производства требует от современной науки о резании материалов создания достоверной в широком диапазоне условий обработки модели процесса резания. Решение этой задачи, по мнению авторов, возможно в настоящее время реализовать методом конечных элементов.

На практике моделирование сводится к прогнозированию важных показателей процесса, которыми на наш взгляд являются сила резания, температурное поле в заготовке и стружке, контактные напряжения и другие. Очевидно, для достижения адекватности прогнозирования этих показателей при различных условиях обработки модель должна учитывать явление деформационного упрочнения, скоростного упрочнения, температурного разупрочнения, упругое восстановление обрабатываемого материала, изменение параметров трения на контактных поверхностях инструмента с изменением температуры, должна идентифицировать образование трещины перед режущим клином.

В докладе представляется модель, объединяющая решение задачи прогнозирования напряженно-деформированного состояния и задачи теплопроводности в условиях прямоугольного свободного резания. Модель реализована на основе решателя динамических задач LS-DYNA. Особенности данной модели являются:

- применение уравнения состояния обрабатываемого материала в форме Джонсона-Кука;
- моделирование трещинообразования перестроением конечно-элементной сетки на основе геометрического критерия;
- определение параметров модели трения на основе максимальной температуры на контактной поверхности инструмента;
- учет теплообмена между стружкой и инструментом и наличие термодинамической границы между ними.

Решение осуществляется методом явного интегрирования по времени механической задачи и интегрированием по времени методом Кранка-Николсона задачи о теплопроводности. Задачи решаются параллельно. Шаг интегрирования обеих задач различный и выбирается из условия минимальной погрешности вычислений. Для устранения искажения конечно-элементной сетки и моделирования трещинообразования через заданные промежутки времени выполняется перестроение сетки.

Реализованная таким образом вычислительная процедура позволяет обеспечить численную стабильность расчета, устраняет необходимость предварительного задания границы разрушения, обеспечивает согласованность напряженно-деформированного состояния, температурного поля, параметров модели трения и уравнения состояния обрабатываемого материала.

ДО ПИТАННЯ ПІДТВЕРДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ СКІНЧЕНО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПРЯМОКУТНОГО РІЗАННЯ

Залога В.О., Криворучко Д.В., Сорокін А.М.
(СумДУ, м. Суми, Україна)

Моделювання процесу різання є одним з пріоритетних напрямків розвитку науки про різання матеріалів. Моделювання за допомогою методу кінцевих елементів є одним з найбільш загальних підходів, який може врахувати більшість явищ, що мають місце при різанні та, завдяки цьому, дозволяє створення моделі процесу різання, адекватної у широкому діапазоні умов обробки. Цей підхід швидко розвивається. До 2002 року в світі було опубліковано біль ніж 900 робіт на цю тему. В них розглядалися математичні аспекти побудови скінчено-елементних моделей (СЕМ), питання отримання для розрахунків за цими моделями вихідних даних, напрями їх практичного застосування. Літературний огляд показав, що практично всі розроблені на даний час моделі показують достатньо добру якісну та кількісну відповідність з експериментом за головною проекцією сили різання. Разом з тим, похибки прогнозування радіальної проекції сили різання, температури різання, кута зсуву тощо все ще можуть перевищувати 20%.

Згідно експериментальних досліджень, виконаних багатьма авторами відомо, що на процес стружкоутворення прямо впливають кут дії ω , властивості оброблюваного матеріалу, передній кут γ та швидкість різання v , а побічно – величина товщини зрізу a , радіус округлення різальної кромки ρ та фаска зносу по задній поверхні h_z . Авторами цієї статті не було знайдено жодної публікації, в якій було б показано хоча б якісну чутливість скінчено-елементної моделі до усіх перелічених факторів одночасно.

Метою даної роботи є якісне порівняння скінчено-елементної моделі прямокутного вільного різання, розробленої авторами, з експериментом, визначення її чутливості до зміни швидкості різання та виявлення шляхів підвищення відповідності СЕМ експерименту.

В результаті проведеного дослідження доказано, що характер безпосереднього впливу швидкості різання на кут умовної площини зсуву, прогнозований скінчено-елементною моделлю процесу прямокутного вільного різання, яка застосовує модель оброблюваного матеріалу у формі Джонсона-Кука, практично збігається з експериментальними даними. Але у цей же час вплив швидкості різання на довжину контакту стружки з інструментом не відповідає даним експерименту із-за інваріантності моделі тертя швидкості різання. Тому подальший розвиток роботи повинен бути направлений на удосконалення моделі тертя.

Аналіз моделі матеріалу та полів інтенсивності пластичної деформації та інтенсивності швидкості пластичної деформації показав, що збільшення кута умовної площини зсуву зумовлено деформаційним зміцненням оброблюваного матеріалу у зоні первинних деформацій.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Ивченко Т.Г., Голембиевская Т.Н.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Тепловые явления при резании инструмента в значительной мере определяют эффективность использования режущего инструмента. В настоящее время достаточно хорошо разработаны методы исследований теплового состояния режущего инструмента в условиях стационарного теплообмена. Однако в ряде случаев при кратковременном или прерывистом резании, нестационарностью процесса пренебречь нельзя. Для режущего инструмента подобные исследования практически отсутствуют.

Целью настоящей работы является разработка методики определения температуры инструмента и теоретические исследования его теплового состояния в зависимости от условий обработки в условиях нестационарного резания.

Наибольший интерес с точки зрения нестационарного резания представляет прерывистое резание, характеризуемое наличием чередующихся рабочих и холостых ходов. Примерами таких процессов может являться строгание, фрезерование, шлифование кругами с прерывистой поверхностью. В период рабочего хода происходит нагрев инструмента, в период холостого – его охлаждение.

В работе рассмотрены следующие основные особенности нестационарного резания: прерывистость процесса резания; одновременное участие в работе лезвий многолезвийного инструмента; переменность параметров среза и как следствие – силовых и тепловых нагрузок на лезвие инструмента.

Аналитическое решение дифференциального уравнения теплопроводности для трехмерной нестационарной задачи получено с использованием метода источников теплоты. На основе полученного решения выполнены исследования влияния прерывистости процесса резания в условиях неустановившегося теплообмена на температуру лезвия инструмента; влияния на температуру лезвия нагрева детали под воздействием участвующих в работе предшествующих лезвий многолезвийного инструмента; влияния переменности параметров среза на тепловые процессы при нестационарном резании.

В результате исследований разработана методика определения температуры лезвия инструмента, позволяющая теоретически исследовать его тепловое состояние в зависимости от условий обработки. Установлена взаимосвязь между температурами лезвия инструмента, работающего в условиях стационарного и нестационарного резания. Разработаны рекомендации по выбору рациональных параметров процесса резания, обеспечивающих снижение температуры лезвия инструмента при прерывистом резании.

Методика может быть широко использована для различных типов инструментов, работающих в условиях нестационарного резания.

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ЛЕЗВИЙНОЙ И ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Ивченко Т.Г., Рудина И.А.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Основные требования современного машиностроительного производства – повышение производительности и качества изготовления машин успешно реализуются с использованием комбинированных методов обработки и разработкой путей оптимального управления их параметрами.

Цель представляемой работы – разработка теоретических основ управления процессами комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки на основе комплексного исследования взаимосвязей между параметрами обработки и их оптимизации по критерию максимальной производительности.

Основной особенностью комбинированной обработки является использование специальных инструментов, сочетающих в себе режущие и деформирующие элементы, которые работают одновременно и оказывают взаимное влияние, прежде всего, на температурное состояние деталей и инструментов, а также на формирование поверхностного слоя деталей. При этом скорость главного движения и скорость подачи, представляющие собой основные параметры оптимизации и управления, для каждой из комбинируемых обработок являются одинаковыми.

Первым этапом комплексного исследования взаимосвязей между параметрами комбинированной обработки является установление закономерностей формирования поверхностного слоя детали с учетом зависимости параметров окончательной отделочно-упрочняющей обработки от параметров, формируемых при предшествующей лезвийной обработке и одновременного влияния режимов обработки на параметры поверхностного слоя при каждой из них.

Вторым этапом комплексного исследования взаимосвязей между параметрами комбинированной обработки является установление характера и степени влияния условий обработки на тепловое состояние лезвийного инструмента, характеризуемого температурой резания, так как именно лезвийный инструмент является лимитирующим при комбинированной обработке.

Третьим этапом комплексного исследования параметров комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки является их оптимизация по критерию максимальной производительности.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований получены упрощенные методы определения параметров шероховатости поверхностного слоя и температуры для любых заданных условий комбинированной обработки. Предложены аналитические зависимости для расчета оптимальных режимов комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки, обеспечивающие максимально достижимый уровень производительности при заданном качестве поверхностного слоя обрабатываемой детали.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Казакова Т.В., Мироненко Е.В., Соловьев М.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Целью настоящей работы является разработка структурной модели выбора и проектирования модульного инструмента (СИО) в среде технологического процесса. Модель системы инструментального обеспечения представлена в виде графа Γ_1 (рис. 1). Вершина графа X_1 соответствует заказу на конкретный вид РИ.

Цикл C_{n1} предусматривает следующую последовательность работы программ поиска инструмента: поиск РИ в базе данных (БД) на стандартные РИ (X_2 -ИНС) и в сервисном центре (X_5 -СКРИ). Далее инструмент направляется непосредственно на станок (X_9 -ОБР), а в центре, с учётом программы обработки и периода стойкости инструмента создаётся его необходимый запас (X_{10} -ЗАП). Цикл C_{n2} предполагает поиск инструмента в БД по отраслевым нормам или стандартам предприятия (X_3 -РИН) с последующим запросом в центре (X_5 -СКРИ) и далее X_{5-9} , X_{9-10} и завершением формирования требуемой системы инструментов (X_{11} -СИН). Цикл C_{n3} предполагает поиск специального РИ (X_4 -СПРИ), ранее спроектированного с последующим поиском его в сервисном центре X_{4-5} и далее X_{5-9} , X_{9-10} , X_{10-11} . Цикл C_{n4} характеризует проектирование (САПР) специального режущего инструмента (X_6 -ПРРИ) с разработкой технологического процесса (X_7 -ТП) и изготовлением РИ (X_8 -ИЗГ) с последующим направлением в сервисный центр и далее X_{5-9} , X_{9-10} , X_{10-11} . В цикле C_{n5} показана возможность заказа стандартного РИ (X_{12} -ЗАК) заводским инструментальным службам (X_{13} -ЗИН) с последующей доставкой в сервисный центр. Цикл C_{n6} осуществляет заказ на проектирование специального РИ.

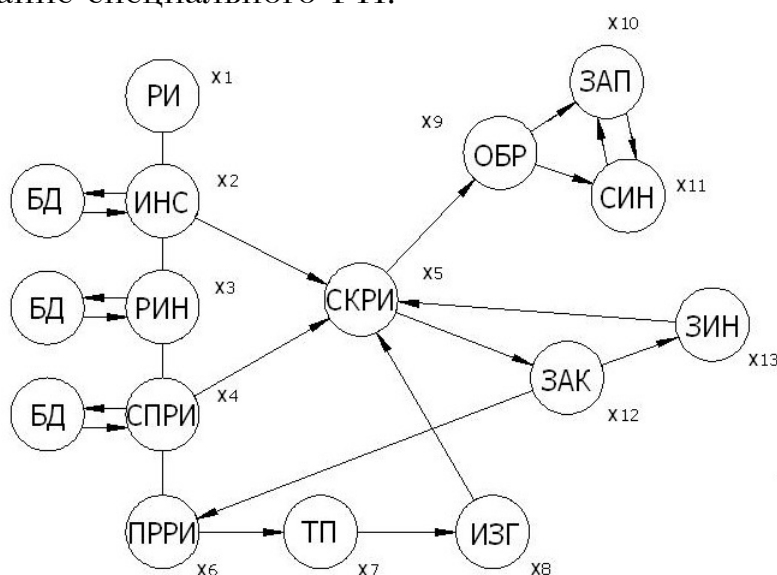


Рисунок 1 – Оргграф Γ_1 моделирования систем инструментального обеспечения

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕЖЕСТКИХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Калафатова Л.П., Олейник С.Ю.
(ДонНТУ, г. Донецк, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Проблема борьбы с вибрациями при механической обработке имеет большое значение в металлообрабатывающей промышленности. Вибрации являются фактором, ограничивающим производственные возможности станка и режущую способность инструмента, а также они отрицательно сказываются на качестве обработанной поверхности деталей.

Вибрации при механической обработке металлов зависят не только от процесса резания, но и от структуры самой колебательной системы, что особенно актуально при обработке конструктивно сложных изделий типа корпусов.

Неотъемлемой частью технологического процесса обработки рассматриваемого типа деталей является операция фрезерования. Изменение динамической жесткости детали в процессе обработки, в частности, вызванное переменной толщиной среза при фрезеровании винтозубой фрезой приводит к неустойчивости всей технологической системы, а, следовательно, появлению колебательных процессов, отрицательно влияющих на точность и качество обработки.

В процессе обработки под действием переменной силы резания происходит деформирование заготовки, величина которого влияет на динамическую жесткость системы. При фрезеровании силы резания непостоянны и изменяются через период времени, равный времени работы зуба от момента его врезания в обрабатываемый материал до момента выхода. Проведя оценку уровня динамической нежесткости, влияющей на уровень вибраций при механической обработке, в случае если величина появляющихся колебаний выходит за рамки, гарантирующие точность и заданную производительность обработки, появляется возможность управлять колебательным процессом при резании. Это возможно за счет выбора наиболее рациональных вариантов базирования и закрепления детали, режимов резания, характеристик фрезы (ее длины, диаметра, числа зубьев) и других дополнительных приемов, повышающих динамическую жесткость системы.

Разработка математических моделей, используемых для определения параметров колебательных процессов, протекающих в нежестких корпусных деталях при механической обработке, с учетом непостоянства их динамической жесткости позволит с большей точностью выявить факторы, интенсифицирующие колебательный процесс. Использование при создании математической модели конкретной колебательной системы принципа переменности динамических коэффициентов жесткости ее отдельных элементов, позволит определить влияние конструктивных параметров обрабатываемой заготовки на интенсивность автоколебаний. За счет этого появляется возможность управления колебательным процессом в подсистеме заготовки во время механической обработки.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Калафатова Л.П., Поезд С.А.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Для решения задачи оптимизации процессов механической обработки деталей из хрупких неметаллических материалов, используя основные положения теории оптимизации, необходимо выполнить следующие этапы.

1. Установить границы инженерной системы, подлежащей оптимизации. В качестве такой системы принята система СПИД и факторы, обеспечивающие ее функционирование.

2. Определить критерий, на основе которого можно произвести анализ вариантов с целью выявления "наилучшего". В качестве такого критерия принята минимальная технологическая себестоимость $C_{T_{шл}}$ снятия единицы объема материала припуска при шлифовании.

3. Выбрать внутрисистемные переменные, которые используются для определения характеристик и идентификации вариантов. В качестве независимых переменных выбраны параметры режима обработки (глубина резания t , скорость резания v и подача s).

4. Построить модель, отражающую взаимосвязи между переменными (между $C_{T_{шл}}$ и параметрами режима шлифования), которая представлена в виде

$$C_{T_{шл}} = c_{cm}t_x + c_{cm}t_m + (c_{np} + c_{cm}) \cdot t_{np} \left(\frac{t_m}{T} \right) + \frac{C_u}{h_{кр}} \left[Jt_m + J_{np}t_{np} \left(\frac{t_m}{T} \right) \right],$$

где c_{cm} – стоимость одной минуты эксплуатации станка, c_{np} – стоимость одной минуты правки круга, C_u – стоимость круга, t_x – суммарное время простоя на одну деталь, t_{np} – время правки круга, T – стойкость круга (время между двумя правками), J – линейный износ круга за время обработки детали, J_{np} – линейный износ круга за время правки, отнесенный к одной детали, $h_{кр}$ – толщина алмазосодержащего слоя круга.

5. Определить границы технических ограничений для различных видов ХНМ. К основным техническим ограничениям, на которые наибольшее влияние оказывают режимы резания, относятся мощность и сила резания, температура в зоне обработки. Техническими ограничениями, на которые режимы резания воздействуют косвенно, являются шероховатость и дефектность формируемой поверхности детали, стойкость инструмента.

6. Выбрать метод оптимизации, наиболее подходящий для решения поставленной задачи. Наиболее подходящим для рассматриваемых условий является метод нелинейного программирования.

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ В МОДЕЛЯХ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ІНСТРУМЕНТОМ, ОБРОБЛЕНИМ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Калініченко В.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним з перспективних технологічних методів підвищення стійкості інструменту зі швидкорізальних сталей та твердих сплавів є обробка імпульсним магнітним полем (ОІМП). На даний час доведено підвищення стійкості осьового інструменту зі швидкорізальних сталей, різців з пластинами з вольфрамівмісних та безвольфрамових твердих сплавів за допомогою ОІМП. Разом з тим відомі теоретичні положення, що використовуються для якісного обґрунтування характеру впливу імпульсного магнітного поля на фізико-механічні властивості інструментальних матеріалів та стійкісні характеристики інструменту, не дозволяють провести розрахунково-аналітичне визначення оптимальних, раціональних або припустимих значень технологічних параметрів режимів різання інструментом, підданим ОІМП.

Вищезазначене обумовлює актуальність розробки теоретичних моделей для розрахунково-аналітичного визначення оптимальних (раціональних, припустимих) значень параметрів режимів різання інструментом, обробленим імпульсним магнітним полем, що ґрунтувались би на аналізі взаємних зв'язків фізичних процесів у зоні різання (стружкоутворення, контактних, динамічних, температурних, процесів зносу та крихкого руйнування інструменту, утворення обробленої поверхні з певними характеристиками поверхневого шару). Характеристикою, що адекватно та вичерпно відображала б усі вказані фізичні процеси у їхньому взаємному зв'язку, може бути тільки енергетична характеристика. Критерієм оптимальності (або припустимості) при визначенні параметрів режимів різання за допомогою цієї моделі має бути мінімум (або максимум) енергії, що використовується для відокремлення частки об'єму оброблюваного матеріалу.

Основою для розробки цієї моделі можуть слугувати підходи, сформульовані в теорії оптимального різання О.Д. Макарова, теорії подібності С.С. Сіліна, та особливо розвинуті в структурно-енергетичному підході до процесу зношування інструменту Ю.Г. Кабалдіна. Зміна фізико-механічних характеристик інструментального матеріалу і внаслідок цього – зміна умов процесу різання після ОІМП різального інструменту повинні відображатись в моделі зміною інтегрального енергетичного показника процесу різання у порівнянні з величиною аналогічного показника для різання інструментом, не обробленим магнітним полем.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Кассов В.Д., Серов И.В.
(ДГМА, г. Краматорск, ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Оптимизация состава сварочного порошкового электрода выполнена с целью повышения механических свойств сварного шва и снижения возможности образования кристаллизационных трещин. Выбор оптимального состава порошкового электрода, который содержит большое количество легирующих компонентов, связан с необходимостью проведения значительного числа экспериментальных работ и, как следствие, затратой материальных ресурсов. Для нахождения оптимальной математической модели процесса, использовали модель в виде алгебраического полинома.

В качестве основных факторов влияющих на параметры оптимизации состава порошкового электрода выбраны следующие величины: $n_K - y_1$ наличие кристаллизационных трещин в металле сварного шва, $\sigma_B - y_2$ предел прочности, $\delta - y_3$ относительное удлинение. Требуемые свойства металла сварного шва обеспечиваются содержанием компонентов порошкового электрода: x_1 – хлористый марганец, x_2 – механическая смесь графита с $FeCl_3$, x_3 – медный порошок. Была получена следующая регрессионная модель для y_2 :

$$y_2 = 215,00x_1 + 206,33x_2 + 222,33x_3 - 18,00x_1x_2 + 34,50x_1x_3 + 37,75x_2x_3 - 952,50x_1x_2(x_1 - x_2) - 970,50x_1x_3(x_1 - x_3) - 935,25x_2x_3(x_2 - x_3) + 77,25x_1x_2x_3$$

Адекватность модели проверялась по точкам в области максимальных значений предела прочности металла сварного шва.

Аналогично для y_3 :

$$y_3 = 33,53x_1 + 32,43x_2 + 35,23x_3 + 1,95x_1x_2 + 4,58x_1x_3 + 10,35x_2x_3 - 146,40x_1x_2(x_1 - x_2) - 146,63x_1x_3(x_1 - x_3) - 150,90x_2x_3(x_2 - x_3) + 8,77x_1x_2x_3$$

Адекватность модели проверялась по точкам в области максимальных значений относительного удлинения металла сварного шва. Для получения сварных швов с низким содержанием водорода в шихту проволоки вводили фтор и хлорсодержащие компоненты. В качестве хлорсодержащего компонента использовали механическую смесь графита с хлоридами железа при соотношении графит:соль=1:7. Полученные данные легли в основу состава сварочной порошковой проволоки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ НАКОПЛЕНИЯ ЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

Клименко Г.П., Андронов А.Ю.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В связи с вероятностным характером нагрузок, действующих на режущий инструмент, и рассеиванием свойств, характеризующих несущую способность конструкций инструментов, часто при их проектировании необходимо закладывать требуемый уровень надежности, обеспечивающий безотказную работу инструментов в заданных условиях эксплуатации.

Зависимость максимальных напряжений S от нагрузки q в общем случае можно записать в виде линейной функции $S = Kq$, где K – коэффициент, зависящий от размеров поперечных сечений инструмента. Вероятность того, что максимальное напряжение, возникающее под действием нагрузки, не превысит несущей способности, будет вероятностью безотказной работы инструмента: $P(\tau) = P(R > S)$, где $P(\tau)$ – вероятность безотказной работы, P – вероятность события, R – несущая способность.

Ранее задача определения размеров поперечного сечения пластины резца, обеспечивающих заданный уровень надежности рассматривалась в предположение внезапного отказа (поломки или выкрашивания) резца. Но характер действия нагрузок при резании таков, что разрушение инструмента наступает часто в результате накопления усталостных повреждений.

Получена зависимость для определения безотказной работы инструмента:

$$P(\tau) = \exp \left[- \left(\sigma_s^m \sqrt{\frac{T}{T_e N_0}} \psi(m+2) + \psi m_s - R_0 \right)^{b/a} \right].$$

Получена зависимость относительных размеров режущей пластины от вероятности безотказной работы для различных комбинаций законов распределения нагрузки и несущей способности резца.

Сравнение полученных результатов с учетом и без учета накопления повреждений при расчете толщины пластины показал, что для получения требуемого уровня надежности резца необходим больший запас прочности для учета накопленных повреждений. Полученные количественные характеристики дают возможность прогнозировать уровень надежности для заданной конструкции резца.

ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

Клименюк М.М.
(АМУ, м. Київ, Україна)

Без постанови діагнозу підприємства неможлива цілеспрямована робота по підвищенню його ефективності. Діагностування – виявлення відхилень у функціонуванні чи результатах діяльності об'єкта від еталону та встановлення причин цих відхилень. На жаль, комплексна теорія діагностування підприємства до цього часу відсутня.

Основою діагностування є виявлення відхилень. Відхилення мають відносний характер, оскільки залежать від ознаки, за якою вони визначаються. Ознака, в свою чергу, визначається тим об'єктом, з яким порівнюється досліджуваний об'єкт.

Серед ознак можуть розглядатись:

- 1 Відхилення від заданого (запланованого) стану;
- 2 Відхилення від показників підприємств, що розглядаються як аналоги.

Основні стратегії (напрями) діагностування:

- 1 Знаходження виробничих підрозділів, діяльність яких спричинила відхилення;
- 2 Знаходження періодів часу, в яких мають місце відхилення;
- 3 Виявлення видів продукції, виробництво яких викликало відхилення;
- 4 Виявлення видів ресурсів, використання яких пов'язано із відхиленнями.

При проведенні діагностування, як правило, необхідно використовувати всі стратегії.

Представимо етапи (алгоритм) діагностування у найпростішому випадку, тобто при використанні однієї стратегії:

- 1 Вибір ознаки визначення відхилень;
- 2 Прийняття деякої стратегії. Нехай ця стратегія відповідає знаходженню підрозділів, діяльність яких спричинила відхилення;
- 3 Визначення множини еталонних показників ефективності у відповідності до ознаки для кожного виробничого підрозділу;
- 4 Розрахунок показників ефективності для кожного підрозділу;
- 5 Порівняння розрахункових показників ефективності із еталонними;
- 6 Виявлення підрозділів, показники ефективності яких гірші еталонних. Формування множини відповідних підрозділів.

Методика діагностування за іншою стратегією аналогічна.

Реалізація методики діагностування дає можливість визначити причини низької ефективності організації, отже, є важелем підвищення ефективності.

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР СТАНКОВ С ВЫСОКИМИ ЖЕСТКОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ковалев В.Д., Бабин О.Ф., Донченко А.И.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В современном машиностроительном производстве проблема достижения конкурентоспособности станков решается по нескольким направлениям, в том числе для обеспечения требуемого качества, должны значительно расти параметры точности, производительности, мощности, надежности и другие технико-экономические показатели станков. Это достигается применением прогрессивных конструкторско-технологических решений, в частности использованием гидростатических опор для направляющих, шпиндельных подшипников, люнетов и других узлов, определяющих точностные характеристики и надежность станков в целом.

Рассмотрены вопросы анализа систем питания и их конструкций для гидростатических опор, раскрыты перспективы применения различных конструкций систем питания, зависимости эксплуатационных характеристик гидростатических опор, в том числе жесткости от типа выбранной системы регулирования толщины масляного слоя. Рассмотрены варианты использования многопоточных делителей для шпиндельных опор и направляющих станков.

Многочисленные системы питания гидростатических опор классифицированы по признаку обеспечения наибольшей жесткости смазывающего слоя и даны описания наиболее перспективных систем регулирования зазора, и практические рекомендации по использованию таких систем в опорах тяжелых станков. Предложены конструктивные решения для различных условий работы систем питания.

Дальнейшее увеличение точности обработки, создание сверхпрецизионного станочного оборудования требует повышения точности перемещений в опорах. Для этого требуются системы питания опор, обеспечивающие адаптивное управление траекторией перемещения с обратными связями по положению в пространстве и изменениям внешних силовых и температурных воздействий с отслеживанием траектории по идеальной поверхности.

Системы питания с саморегулируемыми компенсирующими устройствами с обратной связью по одному из параметров слоя смазки в опоре или по положению подвижного узла позволяют эффективно влиять на основные эксплуатационные параметры опорных узлов и наиболее целесообразны для высокоточных станков, требующих высокой степени ориентации подвижных узлов по отношению к базовым.

КОМПЛЕКСНОЕ АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ ПО НЕСКОЛЬКИМ ИНФОРМАТИВНЫМ ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Ковалев В.Д., Гаков С.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время в станках находят все более широкое распространение системы адаптивного управления. Как правило, такие системы поддерживают постоянными или изменяют по заданному закону один или несколько параметров обработки. Во многих обрабатывающих центрах в последние годы широко применяются системы оптимального управления.

Для современного производства, где с каждым годом повышаются требования, как к точности, так и к стабильности параметров изделий после механической обработки, наиболее полными критериями для оптимальности являются основные параметры – экономичность, производительность, точность и качество поверхности. При этом оптимизация процесса резания должна обеспечивать экстремум одного или нескольких параметров при достижении допустимых значений остальных. Построение АСУ по таким условиям на большинстве операций вызывает трудности, поэтому в качестве регулирующего параметра принимают один из физических показателей процесса резания (силу, температуру, упругие деформации, вибрации или износ инструмента). Управление производится чаще всего одним из параметров резания (подачей, скоростью резания и т.д.).

При обработке сложнопрофильных изделий в реальных условиях традиционное использование в качестве информативных параметров силы, температуры и др. параметров процесса резания в ряде случаев неприемлемо или недостаточно информативно и адекватно. Неравномерность припуска, локальная нестабильность физико-механических характеристик материала заготовки, микровыкрашивания рабочей поверхности режущей части инструмента и т.п. создают всплески сигналов датчиков, которые могут восприняться как «ошибка» или как одно из предельных значений, что может привести к ошибочному отклику адаптивной системы. Поэтому проблема создания надежного аппарата технологического диагностирования процесса обработки на прогрессивном и перспективном оборудовании является актуальной. Эффективность диагностики и определяется информативностью используемых параметров, их зависимостью от условий обработки.

Предлагается для адаптивной системы использовать несколько информативных параметров: силовой (как наиболее изученный параметр) и сигнал акустической эмиссии. Высокая помехозащищенность акустических сигналов из зоны резания в области частот превышающих частоты от шумов работающих узлов станка обеспечивает получение надежной информации об износе инструмента, изменении свойств материала и т.д.

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ

Ковалев В.Д., Васильченко Я.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Особенности обработки деталей на тяжелых станках, большие затраты материальных и психофизических ресурсов, вероятностный нестабильный характер резания требуют внедрения и усовершенствования адаптивных систем управления. Эффективное промышленное освоение тяжелых станков с системами адаптивного управления зависит прежде всего от установления достоверных закономерностей теории резания. В этом направлении необходимо расширение исследований явлений, происходящих при тяжелом резании, и вместе с тем разностороннее применение теории автоматического регулирования и кибернетики. Системы адаптивного управления тяжелых станков должны создаваться как интегрированный комплекс, который включает тяжелый станок, системы инструментов и инструментообеспечения, систему адаптивного управления с комплектами измерительных и диагностических средств, математические модели функционирования технологической системы.

Регулирование процесса обработки заключается в том, чтобы, исходя из наличия первичных параметров, характеризующих выбранный тип заготовки (материал, размер, припуск и т.д.) и принятого метода обработки (станок, приспособление, схема резания, технологическая среда), изменяя управляемые параметры (режимы резания, вариант и геометрические параметры инструмента, параметры и структура несущей системы станка), воздействовать на параметры регулирования (механика процесса резания, наростообразование, стружкодробление, тепловые явления, сила и мощность резания, вибрации) и добиться получения необходимых технологических параметров (точность, качество поверхности, стойкость инструмента, прочность инструмента, производительность, экономичность, форма стружки).

Таким образом, алгоритмы работы оптимальной системы адаптивного управления формируются с включением критериев: себестоимость обработки, производительность, точность, качество и надежность системы и др. Структура адаптивной технологической системы должна иметь высокую степень охвата обратными связями: по относительному положению и траекториями формообразующих движений элементов системы; их физическим состояниям и возмущающим воздействиям. При осуществлении автоматического цикла работы тяжелого оборудования задачи управления являются многоуровневыми и многофакторными. Адаптивное управление процессами резания должно строиться на базе многоуровневой системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РЕЗАНИЯ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАНКА С ЧПУ

Ковалевская Е.С.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Высокая точность обработки является одним из основных требований к металлорежущему станку, которое определяет его конкурентоспособность. На точность обработки оказывает влияние геометрическая точность станка, статические, динамические и термические свойства несущей конструкции, надежность системы управления всеми движениями узлов станка, точность систем измерения перемещений узлов станков и др.

С точки зрения проблемы качества повышение точности обработки достигается путем компенсации технологических погрешностей. Повышение надежности процесса резания возможно путем стабилизации условий его протекания с учетом оценки входных возмущающих факторов, имеющих случайный или систематический характер.

Предлагаемая методика основана на взаимосвязи сил резания и координаты движения инструмента (фрезы). Показано влияние жесткости j технологической системы на упругие перемещения ωy . Если в зависимости от припуска, обрабатываемого материала, режущей способности инструмента сила резания P изменяется в пределах от P_{\min} до P_{\max} , то при обработке партии деталей на более жесткой системе j_2 возникает поле рассеяния упругих перемещений ωy_2 меньшее, чем ωy_1 для системы с жесткостью j_1 . Следовательно, для достижения требуемой точности на менее жесткой системе необходимо сократить вариации силы резания P . Причем на силу отжатия влияют технологические параметры заготовки, изменяющиеся от детали к детали и в процессе обработки одной детали. При программировании на станке учесть эти данные трудно, тем более, что они изменяются в каждой точке заготовки (из-за изменения глубины и ширины фрезерования, вибраций и др. факторов). Поэтому, предлагается для обработки данных и прогнозирования, а также во время составления управляющей программы использовать моделирование на основе сетей с однородной структурой, позволяющее аппроксимировать параметры резания и компенсировать влияние динамических характеристик станка. К тому же, программа может использоваться также на других станках с ЧПУ для обработки различных поверхностей.

Данная методика обладает рядом преимуществ, т.к. появляется возможность получения изделий необходимого качества с минимальными затратами и в максимально короткий срок.

ПРИМЕНЕНИЕ МИО ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Колот Л.П., Бойко Ю.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В условиях рыночных отношений главной задачей является обеспечение высокого качества производимой продукции. Главным средством обеспечения которого являются новые энергосберегающие и надежные технологии обработки.

Магнитно-импульсная обработка является одной из таких технологий, она используется с целью стабилизации остаточных напряжений, вызывающих при нарушении своего равновесного состояния разрушение материалов или отклонение от заданных точностных параметров.

До настоящего времени не достаточно технологических разработок, которые позволили бы эффективно осуществить контроль процесса магнитно-импульсной обработки.

Актуальность проблемы магнитно-импульсной обработки объясняется тем, что этот метод имеет широкие технологические возможности при обработке ответственных деталей, где требуются повышенные энергозатраты, связанные с обработкой в термических печах и пригонкой на сборочных операциях.

Таким образом, проблема магнитно-импульсной обработки имеет сложный и многогранный характер, притом недостаточно теоретически и экспериментально изучена, поэтому целесообразен поиск таких путей ее решения, которые позволили бы на основе физических представлений об электромагнитной природе остаточных напряжений и механизма наблюдаемых при обработке явлений, расширить технологические возможности магнитно-импульсной обработки и обеспечить ее управляемость.

При проведении исследования литературных источников можно сделать вывод о одновременном протекании нескольких процессов при магнитно-импульсной обработке:

- 1 В зависимости от напряженности магнитного поля и материала детали возникает объемная или линейная магнитострикция.
- 2 При магнитной обработке, вследствие неоднородностей кристаллической решетки возникают вихревые токи, которые обуславливают нагрев материала вокруг этих неоднородностей.
- 3 Под воздействием переменного магнитного поля в детали возникают явления колебательного характера.

В результате такого воздействия в заготовке происходит перераспределение остаточных напряжений, а также общее снижение их величины. Дополнительные напряжения, возникающие в момент обработки, позволяют комбинировать магнитно-импульсную обработку с другими видами стабилизации внутренних напряжений детали. В частности совместное использование магнитно-импульсной обработки с растяжением детали позволяет снизить усилие растяжения не менее чем на 10%.

На основании исследований установлена высокая эффективность применения магнитно-импульсной обработки для стабилизации размеров деталей машин.

УМЕНЬШЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ ПРАВКИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Колот Л.П., Ковалевская Е.С.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Известно, что детали, которые по своей форме и размерам являются нежесткими, в процессе их изготовления получают остаточные деформации. В частности, в плоскостных нежестких деталях возникают погрешности формы в виде отклонений от прямолинейности, выходящих за пределы допустимых после финишных операций.

Для уменьшений этого вредного влияния существует много способов, которые можно сгруппировать по своему назначению на:

- способы, обеспечивающие снижение величины внутренних остаточных напряжений в металле;
- способы, обеспечивающие равновесие внутренних напряжений без их существенного изменения после обработки.

Исправления погрешностей в производственных условиях осуществляются трудноуправляемым процессом правки, который не всегда приводит к ожидаемому эффекту. Напрашивается вопрос о применении других механизмов, лишенных изначальных недостатков.

Как известно, остаточные деформации и остаточные напряжения неразрывно связаны между собой, т.е. изменение деформаций есть следствие изменения остаточных напряжений. Сильное магнитное поле вызывает изменение структуры поверхностного слоя заготовки, что способствует перераспределению имеющихся внутренних напряжений. Остаточный аустенит в материале заготовки под действием магнитного поля переходит в безструктурный мартенсит, происходит изменение объема поверхностного слоя, что способствует снижению остаточных напряжений по границам зерен металла, а, кроме того, изменяется структура металла, чем улучшаются физико-механические свойства материала.

Серия экспериментов по правке нежестких плоскостных деталей в электромагнитном поле показала, что увеличение модуля упругости при намагничивании приводит к уменьшению относительного удлинения ε , т.е. к правке образца. Причем, с увеличением времени процесса (больше 3-х циклов) появляется тепловой эффект, т.е. повышается температура материала образцов. В связи с этим вступает в действие новый эффект, требующий дополнительных исследований.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ НА ОСНОВІ ЇХ ФІЗИЧНОЇ СУТНОСТІ

Колот О.В., Колот В.О.
(ЗАТ "МІНТЕК", м. Краматорськ, Україна)

The new approach in mathematical modeling of residual stress is proposed on the basis of their electromagnetic nature.

Проблема технологічного забезпечення якості металевих виробів особливо актуальна на сучасному етапі розвитку виробництва машин і механізмів в умовах ринкової конкуренції.

Надійність і ефективність їх функціонування в значній мірі визначається стабільністю форми і точністю геометричних параметрів відповідальних деталей.

Здебільше, відповідальні деталі відносяться до класу високоточних або прецизійних, відзначаються складною конфігурацією, тонкостінністю і нерівномірною твердістю.

Для підвищення якості таких деталей застосовують технологічні операції і прийоми, що служать свого роду "бар'єрами" на шляху втрати точності. Останнім бар'єром у технологічній системі обробки виступають доводочні операції. Проміжні бар'єри створюють в технологічному ланцюзі, вирішуючи при цьому суперечливу задачу: при мінімальних виробничих витратах – забезпечити максимальний результат якості.

Складність і багатогранність цієї проблеми, її недостатня теоретична і експериментальна вивченість роблять доцільним пошук таких шляхів її рішення, що дозволили б на основі вивчення природи залишкових напружень і механізмів явищ, що спостерігаються при обробці, поширити технологічні можливості існуючих методів обробки металевих виробів і довести її до інженерно керованої.

В даній роботі викладені теоретичні аспекти моделювання залишкових напружень з погляду їх фізичної сутності: залишкові напруження – це напруження, що обумовлені нестійкою рівновагою електромагнітних внутрішніх сил взаємодії в матеріалах.

На підставі цього запропонована математична модель розподілу залишкових напружень в деталях при стаціонарному режимі, яка має рішення рівняння Лапласа через потенціал силового поля і поліноми Лежандра.

$$\frac{d^n}{dx^n} \int_{c_1} \frac{(z^2 - 1)^n}{z - x} dz = n! \int_{c_1} \frac{(z^2 - 1)^n}{(z - n)^{n+1}} dz.$$

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРІОГЕННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Колот О.В.
(ЗАТ "МІНТЕК", м. Краматорськ, Україна)

The new methods of manufacturing of the cemented-carbide tool with usage of cycling deep cooling and cooling with the help of cryogenic know-how are proposed.

Розвиток всіх галузей промисловості, а також задача підвищення надійності та якості виробів, вимагає створення нових конструкційних матеріалів. Методи порошкової металургії дозволяють виготовляти вироби, які характеризуються високим коефіцієнтом використання матеріалу (0,85-0,95), низькою трудоемкістю.

При виготовленні ріжучих пластин твердосплавного інструменту, що застосовується у різцях, фрезах, зенкерах і іншому металообробному інструменті використовуються різні способи. Недоліком існуючих є те, що процес спікання супроводжується, як правило виникненням пористості. Пористість досягає 6 мкм.

В результаті проведених досліджень створені передумови для виготовлення твердосплавного інструменту з підвищеною міцністю твердого сплаву, який може пресуватись без руйнування структури зерен, за рахунок регульованого впливу на структуру і форму зерна і ущільнення дислокацій. Одною з причин її виникнення є різне значення температури коефіцієнтів лінійного розширення складових елементів твердосплавної суміші. Наприклад, для вольфраму і титана співвідношення коефіцієнтів складає 2,12 при температурі 600°C.

Після попереднього пресування порошкову суміш піддають впливу низьких температур: глибокому охолодженню при температурах від -120 до -210°C чи кріогенним температурам в інтервалі 30-10К. Тривалість охолодження встановлюють обернено пропорційно величині маси спресованої суміші.

Для розрахунку тривалості охолодження застосована програма CHASON.

Охолодження здійснюють імпульсами за схемою "охолодження-відпустка-охолодження-відпустка".

ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ МЕТОДОМ ВНУТРИФОРМЕННОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Косячков В.А., Фесенко М.А., Фесенко А.Н.
(НТУУ "КПИ", г. Киев, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Предложен и исследован новый способ производства биметаллических чугунных отливок, заключающийся в заполнении литейной формы жидким эвтектическим чугуном с разделением потока и модифицированием его частей в реакционных камерах независимых литниковых систем различными по функциональному назначению присадками.

Объектом эксперимента выбрали призматическую отливку размерами 240×120×50 мм и массой 10,0 кг. Подвод металла в рабочую полость формы осуществляли через две независимые литниковые системы, состоящие из воронки, стояка, кубической реакционной камеры размерами 40×40×40 мм для модификаторов и питателя.

В реакционную камеру первой литниковой системы помещали никель-магниевою лигатуру NiMg15, выбранную в качестве карбидостабилизирующего модификатора, с целью получения нижнего слоя отливки из белого износостойкого чугуна. В реакционную камеру второй литниковой системы помещали сфероидизирующий ферросилиций – магниевого модификатор ФСМg7, для получения в верхнем слое отливки высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ферритного класса.

Экспериментально установлено, что при минимально возможном интервале между первым и вторым этапами заливки (3...5 сек.) не удается получить биметаллические отливки с дифференцированными свойствами и структурой по всему сечению. Во всех подобных случаях чугун кристаллизуется со светло-серым изломом с формированием преимущественно шаровидного графита в феррито-перлитной металлической матрице.

Возможно предположить, что процессу получения двухслойных биметаллических отливок препятствуют гидродинамические, конвекционные или диффузионные процессы. Единственным барьером препятствующим, протеканию данных процессов могла бы стать твердая или полутвердая фаза на зеркале исходного чугуна, залитого в нижнюю часть полости формы. Для ее образования необходима выдержка во времени между двумя этапами заливки.

В условиях эксперимента положительные результаты достигнуты при выдержке между двумя этапами заливки форм на протяжении 60...120 с. При этом в нижней части отливки чугун кристаллизуется с белым изломом. В структуре данного слоя просматриваются контуры дендритов первичного аустенита, между которыми расположена ледебуритная эвтектика. В то же время верхние слои отливок кристаллизуются из относительно мягкого модифицированного чугуна с шаровидным графитом в ферритной оторочке с преимущественно перлитной металлической матрицей.

Данным способом предполагается изготавливать отливки, работающие при значительных статических и динамических нагрузках, а также в условиях ударно-абразивного износа, трения скольжения и т.д., например, станины металлообрабатывающих станков.

ГАРМОНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ФОРМИ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ

Кривий П.Д., Бондаренко О.Л., Сенік А.А.
(ТДГУ, м. Тернопіль, Україна)

На основі результатів гармонічного аналізу відхилень від круглості внутрішніх циліндричних поверхонь (ВЦП) згортних втулок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) з кроками 9,525 мм, 12,7 мм, 15,875 мм, 19,05 мм, 25,4, встановлено наступне.

Основна частка в результируючих похибках відхилення від круглості ВЦП згортних втулок належить гармонікам 2, 3 і 4 порядків, їх частка в загальній дисперсії некруглості ВЦП складає 67,6...89,2%. Для оцінки некруглості ВЦП згортних втулок в інтервалі $0 - 2\pi$ необхідно врахувати не менше 6-ти гармонік. Оцінка відхилень від круглості ВЦП згортних втулок ПРВЛ 3-х різних виробників за критерієм Фішера t_k показує на суттєві відмінності. Відхилення від круглості ВЦП в зоні шва ($-\pi/4 \leq \varphi \leq \pi/4$) і діаметрально протилежній ($3\pi/4 \leq \varphi \leq 5\pi/4$) може бути оцінена за амплітудами перших двох гармонік, так як

$(A_1^2 + A_2^2)/2 = (0.9...0.95) \sum_{k=1}^{10} A_k^2/2$. Дисперсії відхилень від круглості ВЦП в

зоні протилежній шву ($3\pi/4 \leq \varphi \leq 5\pi/4$) мають мінімальні значення незалежно від типорозміру ланцюга і на порядок менші дисперсій відхилень в зоні шва ($-\pi/4 \leq \varphi \leq \pi/4$). Півсума квадратів двох перших гармонік відхилень від круглості ВЦП згортних втулок для зони, розміщеної протилежно зоні шва складає 3...5% від відповідної півсуми аналогічних гармонік і відхилень від круглості для зони шва. Відхилення від круглості ВЦП згортних втулок по всьому периметру ($0 \leq \varphi \leq 2\pi$) характеризується деякими середніми значеннями порівняно із розглянутими в інших зонах і для їх оцінки необхідно врахувати більшу кількість гармонік. Відхилення від круглості ВЦП втулок різних типорозмірів ланцюгів залежить від багатьох конструктивних і технологічних факторів (технологічні процеси зортання, умови запресування втулок, діаметри і товщини стінок втулок).

Встановлено, що у згортних, запресованих в пластини внутрішніх ланок ПРВЛ втулок, є розміщена проти шва зона, яка має найбільш високі якісні показники точності форми по відношенню до інших ділянок ВЦП. На основі вищеприведеного є доцільно, при складанні внутрішніх ланок, ПРВЛ орієнтувати втулки згортним швом всередину ланки, забезпечуючи тим самим вивід із контакту втулка-валик ділянки ВЦП із погіршеними якісними показниками, що призводить до покращення умов контактування робочих поверхонь шарнірів ПРВЛ, та підвищенню їх зносостійкості.

ВПЛИВ ГОЛОВНОГО ЗАДНЬОГО КУТА СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА НА ОСЬОВУ СИЛУ І КРУТНИЙ МОМЕНТ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Кривий П.Д., Кобельник В.Р.
(ТДТУ, м. Тернопіль, Україна)

Проведений огляд літературних джерел показав, що питання впливу головного заднього кута свердла α на силові характеристики процесу різання при свердлінні – осьову силу P_0 і крутний момент $M_{кр}$ не висвітлено.

З використанням відомої методики і спеціального пристрою для 26 спіральних сверدل діаметром 14 мм в заданих точках правої та лівої головних різальних кромки (ГРК), які знаходяться на заданих діаметрах з використанням математичної статистики і теорії імовірності визначали в головній січній площині значення α_j .

Встановили, використавши критерій Фішера, що $\alpha_{cdj} = 1/2(\alpha_{Пидj} + \alpha_{Лидj})$ із збільшенням діаметра зменшується, а в діапазоні $8\text{мм} \leq d \leq 12\text{мм}$ змінюється не суттєво, тут $\alpha_{Пидj}$ і $\alpha_{Лидj}$ випадкові значення α правої і лівої ГРК на діаметрі d_j . Враховуючи, що із зменшенням α процес різання затрудняється, то для оцінки впливу α на P_0 і $M_{кр}$ використали мінімальні середні значення α на діаметрах $d_2 = 8$ мм; $d_3 = 10$ мм; $d_4 = 12$ мм. За інтегральний критерій оцінки впливу α_{cdj} на P_0 і $M_{кр}$ прийняли усереднене значення $\bar{\alpha}_{cy} = 1/3(\bar{\alpha}_{cd2} + \bar{\alpha}_{cd3} + \bar{\alpha}_{cd4})$, тут $\bar{\alpha}_{cd2}$, $\bar{\alpha}_{cd3}$, $\bar{\alpha}_{cd4}$ – середні значення α – отримані на діаметрах відповідно d_2 , d_3 і d_4 . За композицією трьох нормальних законів розподілу величин α_{cd2} , α_{cd3} і α_{cd4} – отримали щільність розподілу величини α_{cy} .

Проведені експериментальні дослідження P_0 і $M_{кр}$, показали, що величини P_0 і $M_{кр}$ випадкові, підпорядковуються нормальному закону розподілу. Визначено, що випадкові величини α_{cy} і P_0 та α_{cy} і $M_{кр}$ незалежні.

В результаті проведених досліджень встановлено.

1. Значення головного заднього кута спірального свердла на заданому діаметрі головної різальної кромки, осьової сили і крутного моменту при свердлінні є величинами випадковими з нормальними законами розподілу.

2. Значення головних задніх кутів $\alpha_{Пидj}$ та $\alpha_{Лидj}$ лівої і правої головних різальних кромки на заданих діаметрах є величини незалежні.

3. Зміна усередненого головного заднього кута свердла α в отриманому при дослідженнях діапазоні $\bar{\alpha}_{cy} - 3\sigma(\alpha_{cy}) = 4.594^\circ \leq \bar{\alpha}_{cy} = 8.797^\circ \leq \bar{\alpha}_{cy} + 3\sigma(\alpha_{cy}) = 13.00^\circ$ не впливає на величини осьової сили P_0 та крутного моменту $M_{кр}$.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЛНОВОЙ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Крупко В.Г., Дорохов Н.Ю., Алешичев П.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

The dynamic analysis of wave chain transfer carried out. The received equations allow to determine efforts in the chain contour, arising at work of a drive with wave chain transfer.

Важной научно-технической проблемой тяжелого машиностроения является создание систем приводов машин и механизмов, позволяющих повысить технический уровень машины в целом, добиться наибольшей удельной производительности. Актуальной является также проблема поиска новых способов интенсификации рабочих процессов тяжелого машиностроения.

В источниках, посвященных динамическому анализу цепных передач, приведены расчетные схемы, основы расчетов для различных типов цепных передач. Динамические модели волновой цепной передачи ранее не рассматривались.

Целью данной работы является создание динамического анализа волновой цепной передачи.

Для решения вопросов динамики цепной передачи, а также для уточненного расчета натяжений в ветвях этих передач необходимо располагать данными о жесткости цепи и ее ветвей. Валы, их опоры и звездочки можно считать по сравнению с ветвями цепи абсолютно жесткими.

Работа волновой цепной передачи характеризуется пульсирующим движением цепи при постоянной скорости вращения водила, поэтому определение динамических усилий в цепном контуре сводится к решению дифференциального уравнения

$$\ddot{\varphi} + K^2 \varphi = \frac{J_o}{J_n} \cdot S''(t).$$

Окончательно динамическая модель волновой цепной передачи:

$$P = \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{E_{ин} F_{он}}{l} + \frac{12P_{np}^3}{q_1^2 l^3} \right) \cdot \frac{J_n}{J_0} \cdot \left[\frac{1 + \sqrt{\sin^2 \alpha \left[1 + ctg^2 \left(\left(0,065 + \frac{9,35 \cdot l^2 \times 10^{-3}}{f^2} \right) t \right) \right]}}{1 - 0,13\omega_2^2 - \frac{0,0187 \cdot l^2}{f^2 \cdot \omega_2^2}} \right].$$

Полученное уравнение динамической модели волновой цепной передачи позволяет определять усилия в цепном контуре, возникающие при работе приводов.

Перспективным является проведение исследований при работе привода на основе волновой цепной передачи с кантователями, машинами и механизмами, связанными с позиционированием деталей в различных отраслях машиностроения.

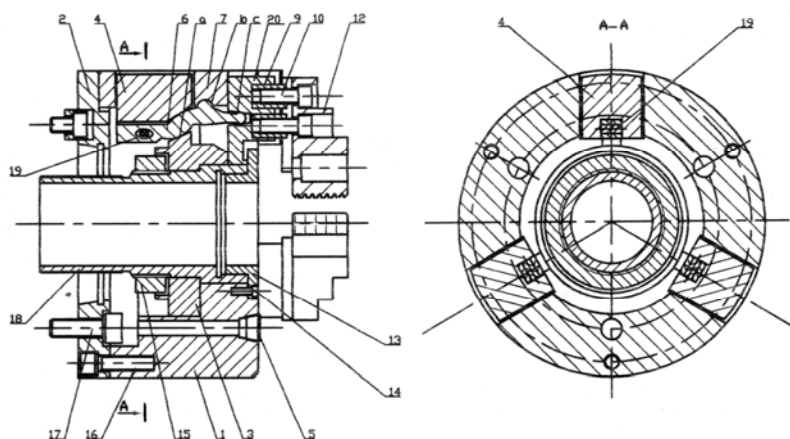
СОЗДАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЗАЖИМНОГО ПАТРОНА

Кузнецов Ю.Н., Фарук Вахид Эль-Дахаби
(НТУУ "КПИ", г. Киев, Украина)

Создание высокоскоростных зажимных патронов для современного оборудования является актуальной задачей. С этой целью предложено использовать один из современных методов поиска технических решений – морфологический анализ.

Для выбора лучшего варианта на основе многокритериального качественного анализа методом расстановки приоритета приняты следующие шесть критериев: K_1 – начальная сила зажима, характеризуемая статическим коэффициентом усиления патрона $K_{\text{н}}$; K_2 – чувствительность к потере начальной силы зажиме, характеризуемая показателем уровня падения выходной силовой характеристики патрона $\lambda_{T\omega}$; K_3 – возможность компенсации потерь начальной силы зажима, характеризуемая показателем уровня возрастания входной силовой характеристики патрона $\lambda_{S\omega}$; K_4 – трудоемкость и технологичность изготовления патрона, характеризуемая количеством и сложностью элементов и передаточно-усилительных звеньев; K_5 – надёжность работы патрона, характеризуемая прочностью и долговечностью ответственных элементов патрона (корпуса, контактирующих пар); K_6 – жёсткость системы патрон-деталь, характеризуемая его осевым габаритом, количеством контактирующих пар и силовым контуром.

Конструктивная схема созданного токарного патрона с компенсацией центробежных сил (патент Украины №74683) показана на рисунке. Зажимной патрон работает следующим образом. От привода зажима тяга 18 перемещается влево и через клин 3 поворотный рычаг 6 поворачивается на оси 19 относительно опоры "b", в результате чего внутренний кулачок 20 вместе с зажимным кулачком 12, жестко связанный с деталью 10, начинает зажим заготовки. Одновременно с этим клин 3 при помощи скоса "a" дополнительно перемещается влево и с помощью кулачков 12 зажимает заготовку. При включении вращения патрона при высоких частотах вращения центробежная сила, действуя на кулачок 12, компенсируется грузом 4 при повороте рычага 6 относительно опоры "b", что обеспечивает надёжный зажим заготовки в процессе работы.



ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕЛЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ ТОКАРНЫХ АВТОМАТОВ

Кушик В.Г.
(НТУУ "КПИ", г. Киев, Украина)

Эксплуатационная точность одно- и многошпиндельных токарных автоматов определяется погрешностью линейных размеров, полем рассеивания значений конкретных параметров (длина, диаметр, высота уступов) обработанных деталей и погрешности формы (овальность, конусность, биение) и зависит одновременно от значительного числа факторов, причем влияние каждого из них может быть достаточно существенно. При этом общая погрешность зависит от геометрической погрешности, погрешности изменения настройки станка, погрешностями связанными с нестабильностью положений рабочих органов станка, нестабильностью процесса резанья и погрешностями постоянно изменяющимися с течением времени. Эти погрешности возникают из-за ряда многочисленных факторов, в том числе из-за различной регулировки зажимных цанг, изменения регулировки цанг, погрешности базирования или подачи прутка до упора, колебания твердости заготовки, динамической неустойчивости системы, износом режущего инструмента, температурными деформациями системы. Для повышения эксплуатационной точности предложены конструкции зажимных цанговых патронов с многорядной мультипликацией и цилиндрической цангой, неподвижной в осевом направлении, полученные с использованием метода гранного расчленения зажимного элемента треугольника и морфологического анализа.

Опытные образцы данного типа зажимных цанговых патронов с цилиндрической цангой испытаны в экспериментальных и производственных условиях, применительно к многошпиндельным токарным автоматам. Наличие в разработанных конструкциях цилиндрической цанги связанной со шпинделем и неподвижной в осевом направлении позволяет увеличить осевую точность зажима и уменьшить оттягивание прутка от упора.

Разработанные конструкции широкодиапазонных зажимных патронов позволяют повысить осевую точность обработки прутка в 2,2-2,5 раза и зажимать прутки с отклонением диаметра до 3 мм, при этом исследованные конструкции показали стабильную силу проталкивания и момента прокручивания при отклонениях диаметра зажима до 2 мм.

Кроме конструкторского обеспечения эксплуатационной точности предусмотрено ряд технологических мероприятий, в частности использован метод вибрационного накатывания для создания регулярного микрорельефа на поверхностях трения и рабочих поверхностях губок зажимных цанговых патронов.

МОДЕЛИ КООРДИНАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Лепя Н.Н., Лепя С.Н.
(НИЦИТ ИЭП НАН Украины, г. Донецк, Украина)

Approaches are considered to the design of tasks of coordination of administrative processes at planning of production economic activity of enterprise.

В условиях развития рыночной экономики существенным образом меняются цели и задачи производства, а, следовательно, место, роль и значение процессов координации. Переход к рыночным отношениям стимулирует развитие хозяйственной инициативы и самостоятельности производственных звеньев, повышение их ответственности за конечные результаты работы – все это предопределяет обострение проблемы согласованности в разработке и осуществлении прогнозов и планов, договорных обязательств и требует формирования соответствующих управленческо-координационных воздействий, гибкости производственных процессов, эффективности системы управления предприятием.

Обоснованность решения плановых задач предопределяется, прежде всего, сбалансированностью простых моментов производства – средств труда, предмета труда, самого труда. Поэтому чрезвычайно важно при совершенствовании планирования установить оптимальное или хотя бы рациональное соотношение этих элементов – расчетно обосновать внутри производственные пропорции, количественно характеризующие эти соотношения.

Для решения этих задач, а также для обеспечения обоснованности принимаемых плановых решений может быть использован весьма разнообразный арсенал экономико-математических методов. Выбор метода определяется сложностью производственной ситуации, для которой решаются задачи управления, жесткостью условий постановки задачи, рядом требований организационного, информационного и технического порядка.

Исходя из этого для координации процессов планирования производства предложен комплекс моделей, охватывающий решение задач стратегического, текущего и оперативного планирования, маркетингового управления, управления финансами, планирования мощностей, обеспечивающих решение взаимосвязанных задач сбалансированного развития предприятия. Основу их составляют стохастические модели планирования развития предприятия, позволяющие учитывать вероятности поведения конкурентов и потребителей продукции и определять объемы безубыточности производства. Для согласования объектов планирования применен метод горизонтальной координации, разработанный В.А. Забродским.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ ПОД ЗАЩИТНЫЕ И ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Лубенская Л.М., Молчанов Д.В.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

В связи с необходимостью защиты металлических изделий от коррозионного воздействия окружающей среды, а также повышением требований к внешнему виду металлопродукции на промышленных предприятиях увеличивается доля продукции, защищенной противокоррозионными и декоративными покрытиями.

Длительность и эффективность работы покрытий зависят в большей степени от того, как тщательно подготовлена поверхность для нанесения защитно-декоративных покрытий.

Процесс подготовки поверхности деталей перед нанесением покрытий состоит из механической и химической обработки.

К основным видам механической подготовки поверхности относятся: шлифование и полирование, которое выполняется на шлифовальных кругах, эластичных кругах или бесконечных лентах с абразивными порошками различной природы и дисперсности, сухая и мокрая струйная обработка, галтовка и вибрационная обработка (виброшлифование и виброполирование).

Вибрационная обработка (виброшлифование, виброполирование) – метод механической или химико-механической обработки деталей и заготовок путём сглаживания микронеровностей и съёма частиц материала с обрабатываемой поверхности частицами рабочей среды, совершающей колебания под действием колебаний контейнера, в которой находятся обрабатываемые детали и рабочая среда. Обработку осуществляют в сухой среде или в растворе, в состав которого могут вводиться различные химические добавки.

Вибрационная обработка применима для деталей любой геометрической формы. Обработка эффективна как для наружных, так и для внутренних поверхностей. Применение специальных растворов повышает производительность обработки, к тому же частично или полностью исключает, как указывалось ранее, некоторые последующие операции химической подготовки поверхности. Одновременная обработка большого количества деталей снижает штучное время обработки единичного изделия. Простота как конструкции, так и обслуживания оборудования, широкие технологические возможности этого метода обработки в сочетании с высокой производительностью ставят его в число наиболее актуальных и перспективных способов подготовки деталей под покрытия.

РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ОТКРЫТОЙ ДУГОЙ

Макаренко Н.А., Кассова Е.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Целью работы являлось улучшение качества и механических свойств металла сварного шва, а также повышение сварочно-технологических свойств порошковой проволоки.

Проведенные эксперименты показали, что газовая защита жидкого металла капле и сварочной ванны обеспечивается введением комплексного соединения карбонатов кальция и магния в количестве 2,0-2,4%. При этом обеспечивается равномерное выделение углекислого газа и предотвращается взрывной характер газообразования, улучшается защита от вредного влияния воздуха. Введение сильного раскислителя силикокальция в количестве 0,4-0,6% обеспечивает связывание избыточного кислорода и улучшает раскисление сварочной ванны. При этом расширяется диапазон стабильного горения дуги, т.к. снижается потенциал при зажигании дуги за счет сильных ионизаторов кальция и натрия, уменьшается разбрызгивание электродного металла и улучшается качество металла шва. Совместное введение в шихту порошковой проволоки плавикового шпата, доломита, натриевой глыбы позволяет получить многокомпонентный шлак, который имеет низкую вязкость и небольшое значение межфазного натяжения на границе шлак-металл. При этом обеспечивается мелкокапельный перенос электродного металла, уменьшается время образования капле и их перегрев и увеличивается скорость плавления порошковой проволоки. Введение ферромарганца в количестве 0,6-0,8% и алюминия в количестве 1,0-1,4% обеспечивает необходимое раскисление сварочной ванны и легирование сварного шва. Содержание железного порошка в составе шихты в количестве 9,0-10,2% увеличивает коэффициент наплавки порошковой проволоки.

В качестве оболочки применяли ленту марки 08КП размером 0,6×12 мм, коэффициент заполнения проволоки 0,24-0,25. При сварке на режимах: сварочный ток 350-380 А, напряжение на дуге 26-29 В, вылет электрода 25-30 мм, скорость сварки 19 м/час обеспечивается стабильное горение дуги, незначительное разбрызгивание электродного металла, хорошее формирование шва. Разрывная длина дуги составила 15,4 мм, коэффициент наплавки -18,3 г/Ачас. Содержание азота (0,027%) и кислорода (0,030%) в металле сварного шва определяли на газоанализаторе ТС-30. Предел прочности (596 МПа), относительное удлинение (48,4%), относительное сужение после разрыва образца (28,4%), ударная вязкость при 20°С (138,2 Дж/см²) повысились.

ДИНАМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МАШИНОБУДУВАННЯ НА ЕКОНОМІКУ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ

Макаркіна Г.В., Кутепов М.Л., Добридень К.М.
(ДДМА, КВ ДТІП, м. Краматорськ, Україна)

Особливістю сучасного розвитку національної економіки є поступова стабілізація промислового виробництва. Важливу роль у забезпеченні стійкого зростання промисловості відіграє машинобудування. Для комплексної оцінки впливу даної галузі на стан інших галузей економіки у часі доцільно використовувати динамічну модель міжгалузевого балансу (МГБ) В. Леонтьєва. Система динамічних рівнянь МГБ, які описують залежність між випуском всіх галузей економіки за два сусідні роки має наступний вигляд:

$$x_t - A_t x_t - B_{t+1}(x_{t+1} - x_t) = c_t, \quad (1)$$

де x_t – вектор валового випуску продукції п галузей в році t ; c_t – вектор кінцевого попиту на продукцію, яка вироблена галузями в році t (в даному випадку до його складу не входить щорічний приріст основного та оборотного капіталу галузей); A_t – матриця технологічних коефіцієнтів в році t ; B_{t+1} – матриця коефіцієнтів капітальних витрат в році $t+1$.

Здійснимо оцінку впливу змін в машинобудівній галузі на стан інших галузей економічної системи на прикладі Донецького регіону. Необхідна для побудови динамічного МГБ інформація отримана зі статистичної звітності підприємств регіону, яка подана за формою №1-підприємництво (річна) за 2001-2003 р.р. Використовуючи систему рівнянь (1), визначимо, як вплине зростання потреби в продукції машинобудівних підприємств на зміни у валовому випуску галузей регіону. Згідно з розрахунками до постачань кінцевим споживачам продукції машинобудування, в першу чергу, причетні наступні галузі регіону – сама машинобудівна галузь (код галузі – 915), металургія (914), транспорт (932-933), торгівля і послуги з ремонту (930), електроенергетика (917), водопостачання (920), виробництво коксу (912). Про це свідчить істотне зростання валового випуску в цих галузях приблизно протягом 6 років. Максимальний приріст виробництва спостерігається в металургії, що характеризує машинобудівне виробництво як металоємну галузь. Істотний зріст в галузі 930 відображає потребу машинобудування в ремонтних і торговий-посередницьких послугах. У той же час потреба машинобудівної галузі у власній продукції досягає максимуму в році (-2) і починає знижуватися в році (-1), який передуює постачанню кінцевої продукції. Останнє пояснюється дією ефекту акселератора, суть якого полягає у звільненні основного капіталу після виробництва додаткових обсягів продукції, які прямо або побічно задовольняють кінцевий попит. Отримані із застосуванням динамічного МГБ результати можуть використовуватися облдержадміністрацією при обґрунтуванні стратегій регіонального розвитку і формуванні цільових програм розвитку машинобудівного комплексу.

КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОДУКЦИИ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Макаркина А.В., Ковалевская О.С.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Машиностроение является крупнейшей после металлургии отраслью в Донецкой области. В современных условиях необходимость повышения эффективности управления производством и реализацией машиностроительной продукции объясняется наличием жесткой конкуренции, как среди отечественных, так и зарубежных предприятий.

Машиностроительное предприятие представляет собой сложную динамическую систему. Управление такой системой направлено на организацию сложных процессов взаимодействия факторов производства и обеспечение их эффективной трансформации в готовую продукцию с учетом требований рынка и ограничений внешней среды. При этом цель управления состоит в повышении эффективности производства, т.е. в максимизации отношения результатов производства к производственным затратам. Для изучения поведения машиностроительного предприятия как сложной динамической системы целесообразно применить кибернетический подход, поскольку он содержит совокупность эффективных методов исследования сложных процессов.

В настоящее время повышение качества управления социально-экономическими объектами требует помимо традиционного набора знаний о предмете новых технологий в навыках управления ними. При этом управление необходимо осуществлять непрерывно, в любой момент на всём интервале времени прогнозирования функционирования объекта, т.е. в режиме экономической динамики, имея в виду происхождение получающихся результатов.

Одним из основных методов исследования машиностроительного предприятия как сложной системы является динамическое моделирование, основным преимуществом которого является учет фактора времени. Применение динамического моделирования позволит не только выяснить будущие ситуации в модели, отражающей оригинал, но и найти первопричины возникающих негативных результатов осуществления организации и планирования деятельности всего предприятия.

К РЕШЕНИЮ СВЯЗАННОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ НАГРЕВЕ ОСОБОТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК

Маковецкий А.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При использовании процессов ротационного деформирования особотонкостенных оболочек в машиностроении возникают проблемы связанные с их нагревом в процессе деформирования либо перед деформированием. Эта проблема возникает тогда, когда пластичность материала недостаточна и нагрев необходим, так как холодная деформация малоэффективна по причине возможных дефектов и разрушения заготовки.

В этом случае задача теплопроводности является связанной, так как необходимо знание, как напряжений, так и температуры [1]. Необходимо решение дифференциального уравнения параболического типа, которое требует учета граничных условий.

Для ее решения необходимо учесть краевые условия и в первую очередь первого и второго рода, с учетом распределения температуры по поверхности тела в любой момент времени $\vartheta|_s = \varphi(M, t)$, где M – точка поверхности тела s и $q_n|_s = \varphi(M, t)$, где q_n – тепловой поток. Нагрев может быть реализован с использованием индуктора так и с помощью газовой горелки. В этом случае процесс передачи тепла излучением можно не считать основным. Граничное условие третьего рода описывает конвективный теплообмен $q_n|_s = \alpha(\vartheta_s - \vartheta_c)$, где ϑ_c – температура окружающей среды, α – коэффициент теплообмена. Граничное условие четвертого рода предусматривает теплообмен со средой либо с инструментом и предусматривает равенство температур и тепловых потоков.

В связи со сложностью решения связанной задачи теплопроводности при деформировании оболочек любым инструментом наиболее эффективным является применение конечно-элементного моделирования. Проведенное конечно-элементное моделирование [2] процессов внедрения инденторов в тонкостенную оболочку позволяет учесть влияние температуры на напряженно деформированное состояние оболочки. Это также дает возможность рекомендовать использовать для деформирования оболочек из разных материалов процессы, как горячего, так и полугорячего деформирования. А в ряде случаев и из разных заготовок.

Литература: 1. Гун. Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. М.: Металлургия. 1980. – 455 с. 2. Алямовский А.А и др. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике /А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ П-ОБРАЗНОЙ ФОРМЫ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Маковецкий А.В.
(НАУ "ХАИ", г. Харьков, Украина)

В аэрокосмической промышленности широко используются изделия из титановых сплавов, сложной конфигурации. К таким деталям можно отнести ответственные изделия планера современных моделей самолётов, в частности имеющих П-образную форму. Основными проблемами при этом является достаточно трудоёмкий технологический процесс получения заготовки и последующей механообработки.

Следовательно с целью снижения материало- и трудоёмкости необходимо усовершенствовать технологический процесс получения изделий П-образной формы из титановых сплавов типа ОТ.

Известен ряд современных разработок в этом направлении [1]. Однако в этих трудах рассмотрены иные формы изделий из титановых сплавов других марок.

Для решения этой задачи разработана технологическая схема штамповки, которая включает модернизированный штамп, состоящий из двух ручьёв. Причём предварительный ручей штампа имеет гравюру, обладающую двумя симметричными выступами на внешней стороне гравюры. Такой сложный профиль обеспечивает более равномерное затекание металла в сторону П-образных выступов. Расчет профиля производился из оценки распределения поля скоростей при штамповке заготовки в торец. Окончательный ручей штампа выполняется в форме приближенной к форме изделия. Приведенное предложение позволит снизить вероятность дефектов штамповки, таких как зажимы, незаполнение гравюры и др. А также снизить припуски под последующую механообработку.

Рациональный выбор схемы базирования после рассмотрения нескольких вариантов позволяет выбрать маршрут обработки, дающий возможность снизить припуски, а также уменьшить вспомогательное время обработки за счет уменьшения числа переустановов.

Предложенный комплекс мероприятий, включающий оптимизацию техпроцесса получения изделия, как на заготовительной стадии, так и на стадии механообработки позволит существенно снизить как энергоёмкость, так и металлоёмкость изделия одновременно минимизировав трудозатраты в условиях мелкосерийного производства.

Литература. 1. Ефимов В.Н., Маковецкий В.В., Суров Е.П. Технологические особенности штамповки полуфабрикатов // Разработка и исследование высокоэффективных технологических процессов, оснастки и оборудования. Обработка металлов давлением: Тем. сб. научн. тр. – К.: УМК ВО, 1990. – 184 с.

К ПРОБЛЕМАМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В МЕТАЛЛОБРАБОТКЕ

Маковецкий А.В., Маковецкий В.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Проблема экономии энергоресурсов всегда считалась актуальной, а в настоящее время она приобрела исключительно острый характер. Основными факторами современного машиностроения являются металло и энергопотребление.

В связи с возросшей актуальностью проблемы необходимо проанализировать задачи энергопотребления, в частности энергопотребления в машиностроительной отрасли. Предварительный анализ показывает, что основы проблемы были заложены в наследственной базе машиностроения в советский период. Причем эта база имела существенно избыточное энергопотребление. Ее существование сопровождалось неумеренным потреблением энергии и материалов с перспективой будущего энергетического коллапса. Следовательно, мы сталкиваемся в первую очередь с задачей наследственного характера.

Для единичного технологического процесса энергопотребление сводится в основном к потреблению оборудованием, оснасткой и инструментом. Однако сюда же можно включать потребление энергии нагревательными устройствами как функционирующих в процессе формообразования, так и потребления независимых устройств нагрева, к примеру, в процессе термообработки либо дополнительных операций формообразования.

Для производственного участка, либо цеха показатели потребления могут изменяться в несколько иной зависимости, а также иметь возможность регулирования по времени. Для эффективной работы производственных участков наиболее важным моментом является синхронизация загрузки оборудования, кроме того, отдельным моментом является изменение структурной схемы участка, отказ от традиционных схем размещения оборудования. Это приводит к совмещению энергопотребления установками как с точки зрения сглаживания пиков, так и к постепенному исключению и уменьшению технологических простоев основного и дополнительного оборудования.

Другим моментом является использование неисправных технических устройств так и брак, который вызывает избыточное потребление энергии. Актуальность совершенствования энергосбережения в конкретном технологическом процессе, сводится не только к простой экономии, а и к согласованному проведению комплекса технологических операций, включая их разнесение по времени и месту.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМЫ КУЗНЕЧНЫХ ЗАГОТОВОК В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Марков О.Е.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Тенденция повышения стоимости энергоносителей требует совершенствования технологий изготовления деталей, особенно в тяжелом машиностроении, для обеспечения её конкурентоспособности. Основная доля затрат при производстве крупных поковок связана с металлургическим производством – получение слитка и его ковка. Низкое качество литой заготовки требует разработки специальных технологий для устранения дефектов металлургического происхождения. Это приводит к снижению производительности и к повышению стоимости поковок. При этом их качество не всегда отвечает технологическим условиям заказчика. Проанализировав различные технологические процессыковки крупных поковок, установлено, что около 90% всех технологий включают в себя операцию осадки слитка. С точки зрения энергозатрат эта операция является самой энергоёмкой. Это связано, в первую очередь, с подогревом многотонной заготовки перед осадкой и затратой энергии непосредственно на деформирование. Поэтому перспектива совершенствования техпроцессовковки – исключение операции осадки. Одним из наиболее рациональных способов решения этой проблемы является применение укороченных слитков с отношением высоты к диаметру $H/D = 0,3...0,7$. Известные ранее укороченные слитки имели развитую осевую рыхлость, которая образуется вследствие характерной для обычных слитков направленной кристаллизации от боковых стенок изложницы к центру. По этой причине укороченные слитки не нашли широкого распространения в кузнечном производстве.

Целью данной работы является исследование укороченных слитков с соотношением $H/D = 0,3...0,7$. Устранение осевой рыхлости предлагается за счёт изменения направленной кристаллизации. В данном случае кристаллизация происходит снизу вверх, что исключает образование осевой рыхлости и позволяет вытеснить все неметаллические включения и газы в прибыльную часть слитка. Такие условия кристаллизации можно обеспечить за счёт применения охлаждения поддона и утепления боковой и верхней части изложницы. Предложенный способ защищен патентами Украины. Применение таких слитков позволит: исключить операцию оттяжки цапфы и обкатки слитка, операцию осадки слитка, один подогрев заготовки, повысить коэффициент выхода годного на 5-7% за счёт отсутствия донной части слитка. В результате снижение себестоимости произойдёт на 30-50%, снижение трудоёмкости – на 40-50%, в зависимости от типа поковок.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСКОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ КРЕПЁЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ УЗЛОВ

Мартынов А.П., Пациора А.П.
(ДГМА, ЗАО "НКМЗ", г. Краматорск, Украина)

В условиях тяжелого машиностроения сборка соединений с крепёжными деталями (болты, винты, заклёпки, болтозаклёпки) часто осуществляется либо путем совместной обработки отверстий в парных соединяемых деталях либо "по подметке", то есть, по обработанным отверстиям в одной из деталей.

С целью сокращения времени на нормирование допусков расположения в конструкторской и технологической документации и обеспечения взаимозаменяемости, что является одним из обязательных требований стандартов качества, разработана программа назначения позиционных допусков и предельных отклонений координирующих размеров.

Для этого указывают размерную характеристику соединения (диаметр отверстия и диаметр крепёжного элемента), выбирают тип соединения, требования к собираемости и схему расположения отверстий. Автоматически будут получены числовые значения позиционного допуска и соответствующие ему отклонения координирующих размеров. Программа работает в системах прямоугольных и полярных координат.

Нормирование расположения осей отверстий осуществляется либо позиционными допусками, либо предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий. Последние представлены элементными по отношению к позиционным допускам. Для отверстий, образующих одну сборочную группу при числе элементов в группе более двух, рекомендуется назначать позиционные допуски их осей. При любом из двух возможных способов задания допусков сначала задаются значением позиционного допуска в диаметральном выражении, величина которого рассчитывается исходя из типа соединения, условий сборки и наименьшего зазора между сквозным гладким отверстием и крепёжной деталью. При необходимости получения предельных отклонений координирующих размеров их расчёт производят исходя из величины заранее полученного позиционного допуска по формулам, зависящим от вида расположения отверстий.

Программа реализует функцию перераспределения позиционного допуска как при пересчёте его на отклонения координирующих размеров, так и при принятии решения "годен-негоден" в процессе контроля универсальными средствами измерения либо на координатно-измерительных машинах.

Для определения допусков непосредственно на рабочих местах, где чаще всего пока отсутствуют ПК, разработаны номограммы в прямоугольных и полярных координатах.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИВОДА ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧИ ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА С СИСТЕМОЙ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Мельник М.С.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Возрастающие требования к точности расчетов сложных систем делают недопустимым абстрагирование от нелинейных элементов и процессов, особенно для тяжелых станков. В приводе подач металлорежущих станков можно выделить следующие существенно нелинейные процессы, которые необходимо учесть при решении задачи динамического анализа и синтеза: процессы сухого и смешанного трения в направляющих, процессы трения качения в подшипниках и шариковой винтовой паре в условиях предварительного натяга, контактные деформации в парах качения.

При классическом подходе в дифференциальных уравнениях движения подвижных элементов присутствует только составляющая вязкого сопротивления, а влияние сухого трения учитывается соответствующим увеличением коэффициента вязкого трения, в результате уравнение становится линейным. Однако, как отмечается в тех же работах, такой прием допустим только для частного случая – гармонических колебаний системы. Для рассматриваемого случая такое упрощение не допустимо, тем более что для малых скоростей подачи сила вязкого сопротивления пренебрежимо мала по сравнению с силой сухого трения.

Следует учесть еще одну особенность процесса трения. При движении сила трения зависит от коэффициента трения и нормальной нагрузки, а в состоянии покоя, когда равнодействующая внешних сил меньше максимальной силы трения, вычисленной как произведение нормальной нагрузки на коэффициент трения покоя, сила трения равна равнодействующей внешних сил в направлении степени свободы направляющих. Таким образом, математическая модель процесса трения должна быть задана алгоритмически. Например:

$$\begin{aligned} \text{при } \sum \bar{P}_i > f_{mp} \cdot N \quad F_{mp} &= f_{mp} \cdot N \cdot \text{sign}\left(\frac{dx}{dt}\right) \\ \text{при } \sum \bar{P}_i \leq f_{mp} \cdot N \quad F_{mp} &= -\sum \bar{P}_i \end{aligned}$$

Кроме того, решено представить ходовой винт поперечной подачи в виде трех вращающихся масс, связанных упругими связями. Причем эти массы нагружены моментом сил трения соответственно от левой опоры, от гайки и от правой опоры. Ходовой винт поперечной подачи имеет дуплексированные опоры с предварительным натягом, равным половине максимальной осевой силы, что создает значительные постоянные моменты сил трения. Как показал предварительный расчет, эти моменты могут существенно превышать моменты от сил резания на чистовых режимах, чем нельзя пренебрегать.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ

Мельников А.Ю., Гуржиев В.Ю.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из основных показателей работы предприятия является себестоимость продукции. Расчет себестоимости произведенной продукции осуществляют различными методами, выбор которых зависит от типа производства, длительности производственного цикла и т.д. Вне зависимости от вида калькуляции и вида метода расчет может осуществляться различными способами: "вручную", при помощи калькулятора; с использованием стандартных офисных пакетов (Microsoft Excel); при помощи специализированных информационных систем; при помощи информационной системы, разработанной для конкретного предприятия сотрудниками соответствующей службы этого же предприятия. Если не рассматривать первый случай как не соответствующий духу времени, то наибольшее распространение получили т.н. "малая информатизация" (использование MS-Excel) и специализированные пакеты (как правило, компании "1С"). Однако такой подход оправдывает себя в случаях малых предприятий. На больших промышленных предприятиях расчет в офисных пакетах не может охватить все нюансы производства, а установка полнофункциональной сетевой версии системы "1С: Предприятие", помимо неоправданно высоких средств на ее приобретение, потребует дополнительного обучения сотрудников и постоянного обновления. Целесообразным можно считать проектирование и компьютерную реализацию информационной системы силами сотрудниками соответствующих подразделений.

Из-за достаточной сложности проектируемой системы необходимо применить объектно-ориентированный подход. Информационная система в таком случае будет представлять собой совокупность взаимосвязанных объектов, где каждый объект является экземпляром определенного класса, а классы образуют иерархию наследования.

Разработка информационной системы проводится в три этапа. Первый этап включает изучение экономической сущности себестоимости продукции вообще и металлопродукции на конкретном предприятии – в частности. На втором создается информационная модель проектируемой системы, для чего используется унифицированный язык моделирования UML: модель представляет собой набор т.н. диаграмм, отражающих концептуальную, логическую структурную и логическую динамическую стороны системы.

Заключительный этап разработки представляет собой компьютерную реализацию созданной модели. Это целесообразно сделать в среде визуального программирования Borland-Delphi, в основе которой лежит объектно-ориентированный язык программирования Object-Pascal.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Мельничук П.П., Крижанівський В.Б.
(ЖДТУ, м. Житомир, Україна)

The problem of creation of application for designing high-efficiency cutting tool which is capable to provide given parameters of surface layer is considered. The basic attention is given to mechanical properties of the machined surface. On the basis of standard means of a package MATLAB the function for plastic deformations computing is created.

Значна частина деталей має плоскі поверхні, до яких пред'явлені підвищені вимоги щодо експлуатаційних властивостей. Фінішна обробка плоских поверхонь виконується, головним чином, за допомогою шліфування або торцевого фрезерування. Останнє має значні переваги. Це, насамперед, підвищена продуктивність у порівнянні зі шліфуванням, стискаючі залишкові напруження, відсутність мікроструктурних перетворень.

Відзначимо, що недостатня теоретична вивченість процесу чистової обробки поверхонь торцевими фрезами з НТМ знижує ефективність їх використання для фінішної обробки і ускладнює процес створення нових перспективних конструкцій. Конструювання фрез є багато параметричною задачею і обрання того чи іншого конструктивного варіанту без попередніх розрахунків є досить неефективним. Значно перспективнішим виглядає підхід, який використовує комп'ютерне моделювання процесів в зоні механообробки.

Природно, що "з нуля" написати самотужки такий програмний комплекс навряд чи можливо. Тому пропонується використовувати для чисто математичних розрахунків універсальний програмний пакет MATLAB. Але сама математична модель формується засобами універсальної мови програмування C++. Завдяки можливостям, які закладені розробниками в пакет MATLAB.

Зокрема, дана стаття присвячена розрахунку напруженого стану в зоні стружкоутворення на основі деформаційної теорії пластичності.

Відомо, що розв'язування задач теорії пластичності зводиться до розв'язку нелінійних диференціальних рівнянь, для розв'язку яких вбудованих можливостей пакету MATLAB недостатньо. Для їх розв'язання пропонується використати метод пружних розв'язків. Тестові розрахунки за запропонованою методикою добре узгоджуються з опублікованими результатами.

Напрямок подальших досліджень полягає в створенні засобів поєднання математичних моделей окремих фізичних явищ, які відбуваються в зоні стружкоутворення в єдину системну модель.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ И СБОРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Миранцов С.Л., Миранцов Л.М.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

In the given paper the mathematical model for simulation of oscillations of the modular tool for heavy machine tools and computer program for execution of accounts is offered.

Колебания, возникающие в элементах технологической системы, снижают производительность механической обработки, ухудшают качество обработанной поверхности, сокращают срок службы металлорежущего оборудования и инструмента. Несмотря на сложность динамических процессов в технологической системе, в настоящее время накоплен обширный материал в области изучения природы колебаний при резании, однако по-прежнему остаются недостаточно изученными вопросы колебаний сборных резцов для тяжелых и уникальных станков, что связано также с большой трудоемкостью и стоимостью экспериментальных исследований на тяжелых и уникальных станках.

Для изучения колебаний и определения конструктивных параметров инструмента предложена математическая модель. Особенностью предлагаемой модели, по сравнению с ранее разработанными, является наличие наряду с блоками процесса резания $W_{np}(s)$ и эквивалентной упругой системы $W_{эус}(s)$, блока сборного инструмента $W_{инс}(s)$ в виде специального комбинированного блока, реализующего передаточную функцию двухмассовой системы. Такая структура позволяет рассматривать отдельно колебания сборного инструмента и других элементов системы (например, обрабатываемой на станке детали). Кроме того, в качестве входных источников сигналов в предлагаемой структуре используются гармонические и не гармонические источники, в том числе и случайные, что позволяет помимо моделирования колебаний инструмента, также исследовать устойчивость динамической системы (по критериям Найквиста или Михайлова) при изменении параметров процесса резания или конструктивных параметров сборного инструмента. Выходными параметрами модели являются амплитуды и частоты колебаний элементов технологической системы.

Анализ полученных зависимостей свидетельствует об адекватности предлагаемой модели динамической системы тяжелого токарного станка, включающей процесс резания и сборный инструмент, о чем свидетельствует попадание расчетных значений в доверительные интервалы зависимостей, полученных экспериментальным способом. Максимальная погрешность модели не превышает 11%.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ ФРЕЗ МОДУЛЬНОГО ТИПА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Мироненко Е.В., Бобух Л.А.
(ДГМА, ЗАО "НКМЗ", г. Краматорск, Украина)

Системный анализ качества сборных фрез показал, что вопросы качества сборных фрез и пути его повышения тесно связаны с уровнем исследования и совершенствования следующих основных характеристик: подсистемы инструментального материала; подсистемы конструкции узла крепления; подсистемы технологических факторов, связанных с качеством изготовления сборных фрез.

Анализ экспериментальных данных проводился на основе результатов паспортизации фрез торцовых с механическим креплением многогранных пластин. Влияние микро- и макрогеометрии базовых поверхностей носит сложный характер. Это объясняется следующими причинами: во-первых, на качество сборных фрез оказывает влияние микро- и макрогеометрия, как опорных, так и упорных базовых поверхностей; во-вторых, возможна различная ориентация режущей пластины относительно базовых поверхностей. Встречающиеся рельефы опорных поверхностей были условно разделены на три основных вида: вогнутость, извернутость и выпуклость. Все фрезы были разделены на группы с учетом вида рельефа опорных поверхностей.

Для прогнозирования периода стойкости сборных фрез были исследованы три партии однотипных фрез.

Как показали результаты исследований качество изготовления существенно влияет на эксплуатационные показатели сборных фрез. Наибольшее влияние на период стойкости оказывает твердость базовых поверхностей и отклонение от параллельности базовых опорных и упорных поверхностей. Вид рельефа опорных поверхностей оказывает влияние на динамическую податливость узла крепления, что приводит к разбросу и нестабильности режущих свойств торцовых фрез. Наибольший период стойкости показали сборные торцовые фрезы, имеющие вогнутые базовые поверхности под крепление многогранных пластин.

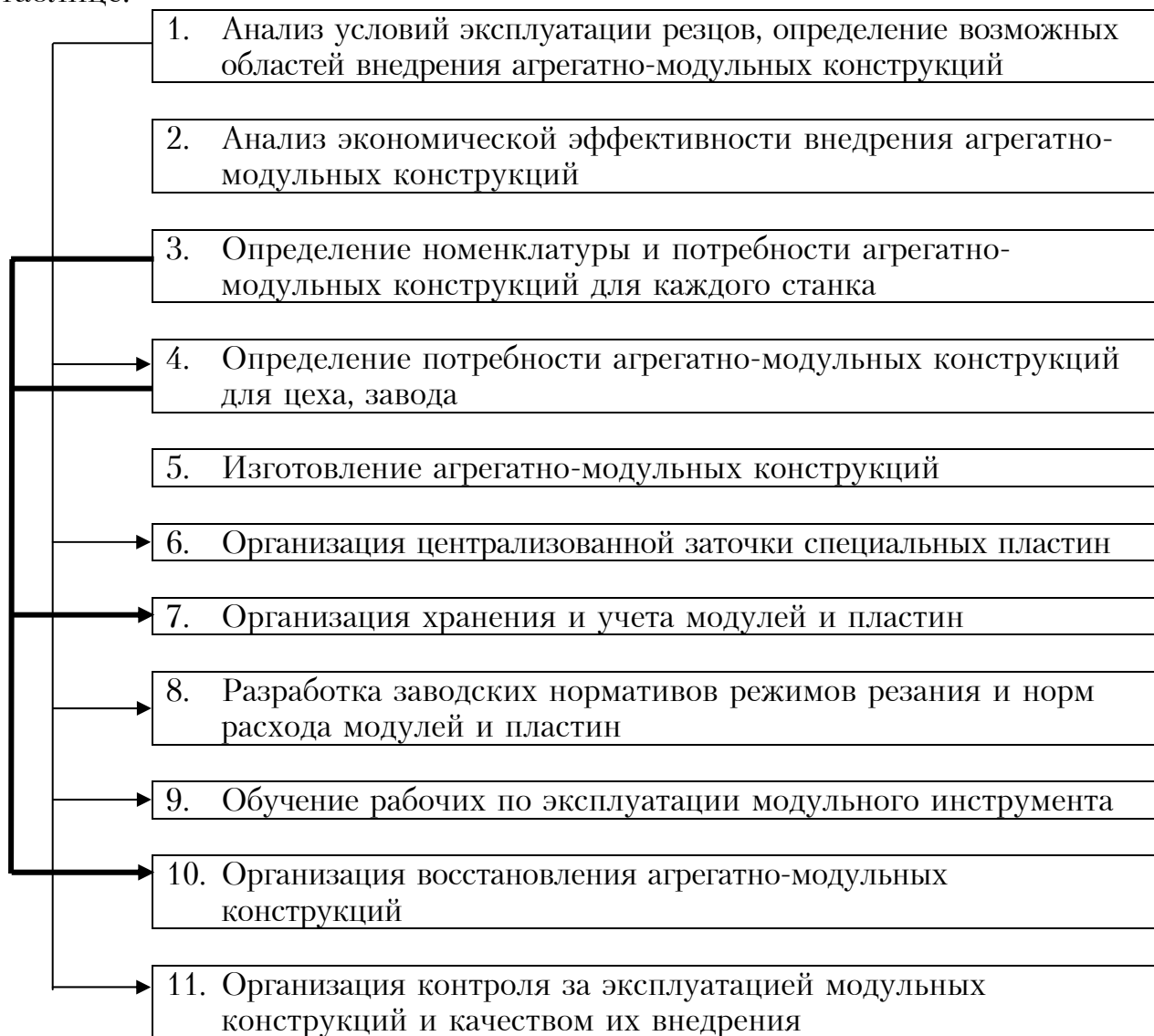
СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОСНАЩЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ СБОРНЫМ МОДУЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Мироненко Е.В., Ключко А.А.
(ДГМА, ОАО "СКМЗ", г. Краматорск, Украина)

Современное инструментальное производство характеризуется как гибкое, компьютеризированное, модульное, способное своевременно откликаться на требование производства.

Повысились требования к минимизации затрат времени на оснащение обрабатываемых центров и станков с ЧПУ сборным модульным инструментом.

Глобализация производства, технический прогресс внесли существенные изменения в понятие инструментального обеспечения современных станков. Система инструментального обеспечения предполагает наличие структурных единиц, каждая из которых представляет набор технических, программных и информационных средств определенного функционального назначения, приведенных в таблице:



ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН С ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО ТОЧЕНИЯ СТАЛЕЙ

Мироненко Е.В., Колесник В.Ф., Носков В.В.
(ДГМА, ЗАО "НКМЗ", г. Краматорск, Украина)

При черновой обработке на тяжелых токарных станках режущая часть инструмента подвергается сложным воздействиям механических и тепловых нагрузок. С точки зрения физики процесса резания имеют место различные виды отказов: абразивно-механический, адгезионный, диффузионный, контактное разрушение и пластическое деформирование режущей кромки. Наблюдение за эксплуатацией твердосплавных резцов на тяжелых токарных станках показали, что наряду с износом значительное место занимает разрушение режущей части в виде выкрашиваний и поломок. Наличие неустраняемых отказов резцов (поломок) оказывает большое влияние на эффективность обработки крупных деталей.

При снятии больших сечений среза традиционно считалось, что необходимо повышать подачу при одновременной уменьшении скорости резания. Так при обработке прокатных валков при глубине резания до 40 мм и подачей 1,2...1,6 мм/об рекомендовалось применять скорость резания $V = (40...60)$ м/мин для твердых сплавов без износостойких покрытий. Проведенные ранее исследования показали, что нанесение износостойких покрытий на твердосплавные пластины из сплава Т5К10 или Т15К6 при черновой и получистовой обработке не дали положительного эффекта. Фирмой Sandvik Coromant с ЗАО "НКМЗ" были разработаны специальные многогранные пластины для черновой и получистовой обработки с длиной режущей кромки $l = 50$ мм прямоугольной формы (S-LINUX-501435025) и длиной режущей кромки $l = 38$ мм квадратной формы (S-SCMT-380932R14025). На пластине нанесено износостойкое покрытие GC 4025, состоящее из слоя Al_2O_3 , нанесенного на Ti(CN), и износостойкого слоя TiN. Общая толщина покрытия составляет 12 мкм. Основа сплава имеет высокую твердость с повышенным содержанием кобальта, что увеличивает нагрузочную прочность режущей кромки. Комбинация толстого износостойкого покрытия и твердого основания делает сплав наиболее приспособленным к черновой обработке при снятии больших сечений среза.

Применение специальных твердосплавных пластин из сплава GC 4025 позволило увеличить скорость резания в 1,5 раза при стойкости 60...120 мин.

С учетом проведенных исследований разработаны рекомендации по выбору скорости резания с учетом затрачиваемой мощности на тяжелых токарных станках с использованием многогранных пластин из сплава GC 4025 для обработки углеродистых и легированных сталей.

Проведенные исследования показали эффективность применения специальных многогранных пластин с многослойными покрытиями при черновой обработке с большими сечениями среза за счет увеличения скорости резания при незначительной уменьшении подачи.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ

Мирошниченко Ю.В.
(ДИТМ МНТУ, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время в промышленности широкое применение находят режущие инструменты с износостойким покрытием, позволяющие значительно увеличить производительность обработки резанием.

Однако эффективность применения инструментов с покрытием в значительной степени зависит от адгезионной прочности связи покрытия с основой, а также от трещиностойкости материала покрытия. Одним из методов, позволяющих оценить качество износостойких покрытий в реальном масштабе времени является метод акустической эмиссии (АЭ). Возникновение импульсов АЭ связано с процессами образования, ускоренного движения, зарождения микротрещин и разрушения микрообъемов покрытия при внедрении алмазного индентора.

Целью данной работы являлось прогнозирование работоспособности и оценка качества износостойких покрытий, полученных различными методами. Объектом исследования являлись режущие пластины из твердого сплава ВК8 с однослойными покрытиями ZrN , TiN – метод конденсации из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки (КИБ), TiC – метод газоплазменного осаждения (ГТ), двухслойными покрытиями $TiC+TiCN$ (ГТ) и пластины упрочненные по интегрированной технологии TiN (КИБ) с последующей имплантацией ионов азота N^+ .

В результате исследований получены диаграммы внедрения индентора в исследуемые образцы. Наибольшее число импульсов АЭ наблюдалось в образцах с покрытием TiC (ГТ), что свидетельствует о высокой хрупкости покрытия и низкой трещиностойкости, в образцах с покрытиями ZrN , TiN (КИБ), а также $TiC+TiCN$ (ГТ) число импульсов АЭ значительно ниже. Минимальная активность АЭ наблюдалась в образцах упрочненных по интегрированной технологии. Можно предположить, что в результате внедрения ионов азота в поверхностные слои покрытия создаются напряжения сжатия, структурные барьеры микрохарактера, неоднородная структура по сечению покрытия, что приводит к торможению развития трещин в системе покрытие-подложка.

Проведенные стойкостные испытания режущих пластин показали, что наибольшую стойкость имели пластины, упрочненные по интегрированной технологии. Таким образом, в результате проведенной работы показана целесообразность использования метода акустической эмиссии для прогнозирования работоспособности и оценки качества износостойких покрытий без проведения длительных стойкостных испытаний.

ПРИМЕНЕНИЕ СУХОГО РЕЗАНИЯ В МЕХАНООБРАБОТКЕ ВАЛКОВ ХОЛОДНОГО ПРОКАТА

Мишура Е.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Использование технологических операций механообработки с применением высоких и сверхвысоких скоростей резания характеризуется уменьшением проникающей способности смазочно-охлаждающих жидкостей даже при их обильной подаче в зону обработки и соответствующим снижением основных физических эффектов. Кроме того, применение смазочно-охлаждающих жидкостей приводит к заметному росту издержек производства и возникновению отрицательных техногенных эффектов.

Анализ современных методов интенсификации обработки резанием и снижения вредного экологического воздействия на окружающую среду показал, что международные тенденции и стратегия ведущих стран мира по созданию технологий формообразующей механической обработки резанием будущего связаны с полным или частичным отказом от применения смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) при проектировании новых производств из-за их большого влияния на загрязненность окружающей среды, особенно при использовании таких типов СОТС, которые содержат опасные для окружающей среды ингредиенты.

Радикальным решением проблемы является полный отказ от применения СОТС, особенно, при обработке на повышенных скоростях резания, однако в этом случае возникают другие проблемы, связанные с отсутствием основных физических эффектов СОТС и, прежде всего, охлаждающего и смазочного.

Решение проблемы разработки экологически безопасных технологий обработки резанием может быть осуществлено по следующим направлениям:

- обработка резанием с минимизацией экологического ущерба окружающей среде от применения различных типов СОТС;
- обработка с минимизацией количества СОТС, подаваемой в зону обработки;
- резание с полным отказом от применения СОТС при обработке (сухое резание);
- применение технологий, комбинирующих обработку резанием с введением в зону обработки дополнительной энергии:
 - плазменно-механическая обработка;
 - лазерно-механическая обработка;
 - резание с введением низко-, средне- и высокочастотных вибраций.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ВИБРООБРАБОТКИ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Мицьк В.Я.

(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Технологии и виброустановки НИЛ "Обработка свободными абразивами" ("ОСА") ВНУ им. В.Даля, обеспечивают высокую эффективность отделочно-зачистной и упрочняющей обработки. Так, на операциях виброшлифования для достижения на деталях из углеродистых сталей шероховатости поверхности $Ra = 0,32$ мкм с исходной $Ra = 5,0...2,5$ мкм необходимо 90...120 мин. машинного времени.

Среди направлений дальнейшего развития виброобрабатывающей техники и технологии можно выделить следующие.

Первое: сокращение вспомогательного времени обработки созданием устройств для механизации загрузки и выгрузки среды из резервуара, а также отделения деталей от рабочей среды. Встраивание таких устройств в конструкции виброустановок повышает их стоимость, ограничивая область применения. Сокращение вспомогательного времени также идёт по пути механизации залива рабочих растворов в резервуар, их слива и последующей промывки рабочей среды. Мероприятия по первому направлению развития повышают производительность на 25...30%.

Второе: совершенствование виброустановок, чем в 2...2,5 раза сокращается машинное время обработки. Такой путь сокращения вспомогательного времени или перекрытие его основным заключается в создании виброустановок непрерывного действия. Однако это оборудование имеет специальное назначение и пригодно для обработки ограниченной номенклатуры деталей.

Третье: качественное изменение процесса виброобработки и создание виброустановок с целью значительного сокращения основного и вспомогательного времени проведения операций. В НИЛ "ОСА" создана технология и оборудование для обработки деталей встречнодвижущимися потоками рабочей среды в резервуаре, который оснащён дополнительной рабочей поверхностью, в виде дефлектора, создающего сложные траектории движения гранул. Кроме того, при использовании дефлекторов различной формы достигается оптимальный эффект на конкретных операциях виброобработки, что удобно для больших партий деталей крупносерийных и массовых производств. Изменяя положение дефлектора в резервуаре, можно управлять процессом обработки, оптимизируя условия как для черновых операций с большим съёмом металла, так и для чистовых операций с получением высоких классов чистоты поверхности. Такая конструкция оборудования расширяет технологические возможности виброобработки и повышает её производительность на 50...70%.

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ УДАЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПАЗОВ

Нечепаев В.Г., Гнитько А.Н., Каракуц И.С.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Очевидным средством повышения эффективности обработки пазов с затрудненным отводом стружки (Т-образных, типа "ласточкин хвост" и т.п.) является устранение ограничения по фактору своевременной эвакуации стружки из зоны обработки. Эффективным вариантом устранения этого ограничения является принудительное удаление стружки при помощи устройств, использующих гидродинамический потенциал напорных струй жидкости, водо-воздушной смеси и т.д.

Для создания устройств, обеспечивающих надежное принудительное удаление стружки при фрезеровании таких пазов, выполнены теоретические исследования процессов накопления и удаления стружки при их обработке. С использованием методологии системного подхода разработаны 5 математических моделей, описывающих основные этапы рабочего процесса таких устройств (применительно к фрезерованию Т-образных пазов).

Для оценки уровня адекватности и погрешности созданных математических моделей разработана методика, включающая следующие основные этапы:

- получение экспериментальных данных (по накоплению и перемещению стружки);
- проверка адекватности математических моделей при заданном уровне вероятности;
- аппроксимация полученных экспериментальных данных;
- оценка погрешности моделирования.

Получение экспериментальных данных осуществлялось в условиях натурального стенда, основой которого является широкоуниверсальный фрезерный станок, тензометрический динамометр и приборный комплекс.

Проверка гипотезы об адекватности моделей производилась с использованием F-критерия Фишера.

Аппроксимация полученных экспериментальных данных осуществлялась методом полиномиальной регрессии, реализованном средствами программы MathCAD.

Оценка погрешности моделирования осуществлялась путем вычисления абсолютной и относительной погрешностей рассогласования теоретической кривой и кривой, аппроксимирующей экспериментально полученные данные.

Разработанная методика может быть использована при исследованиях широкого круга устройств, аналогичных рассмотренным.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЗАКРЫТЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ

Нечепаяев В.Г., Гнитько А.Н., Пархоменко Н.В.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Одним из возможных путей устранения ограничения производительности фрезерования закрытых профильных пазов (Т-образных, типа "ласточкин хвост" и др.) по фактору несвоевременного удаления стружки из зоны обработки является принудительное удаление стружки при помощи устройств, использующих гидродинамический потенциал напорных струй жидкости, водо-воздушной смеси и т.д.

Важным этапом разработки методики проведения экспериментальных исследований эффективности таких устройств является обоснование и выбор силовых факторов для измерений.

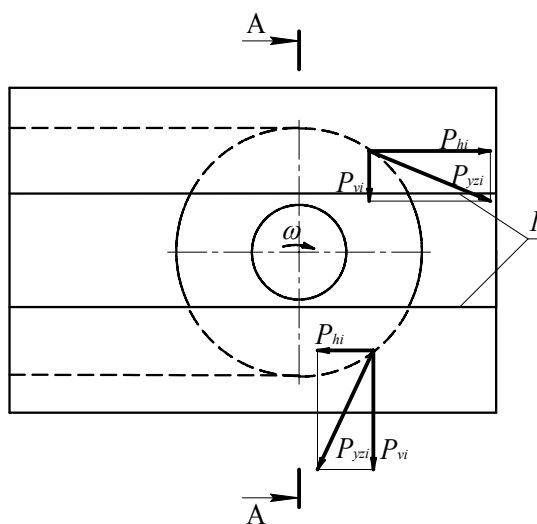


Рисунок 1 – Схема измерения составляющих сил резания

На рис. 1 представлена схематизация составляющих силы резания при обработке Т-образной фрезой, из которой следует, что горизонтальные составляющие P_{hi} силы резания на зубьях фрезы, находящиеся по разные стороны от предварительно обработанного прямоугольного паза (поз. 1), направлены противоположно. Поэтому значение результирующего вектора $\sum_{i=1}^n P_{hi}$ (n – количество зубьев фрезы, находящиеся одновременно в обработке) определяется их разностью, а измерение величины $\sum_{i=1}^n P_{hi}$ не позволяет

судить об истинных мгновенных значениях составляющих P_{hi} .

Вертикальные же составляющие P_{vj} силы резания на зубьях фрезы, находящиеся по разные стороны от предварительно обработанного прямоугольного паза, направлены одинаково. Поэтому значение

результирующего вектора $\sum_{i=1}^n P_{vi}$ определяется их суммой, а измерение

величины $\sum_{i=1}^n P_{vi}$ позволяет судить об истинных мгновенных значениях составляющих P_{vi} .

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ

Нечепаяев В.Г., Гнитько А.Н., Степаненко Е.А.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Методика проведения экспериментальных исследований эффективности созданных устройств принудительного удаления отделенной стружки при фрезеровании закрытых профильных пазов (Т-образных, типа "ласточкин хвост" и т.п.) предусматривает следующие основные этапы:

- исследование формирования силовых факторов при реализации рабочего процесса фрезерования ПЗОС;
- исследование износа рабочих поверхностей режущего инструмента при реализации рабочего процесса фрезерования ПЗОС;
- определение эффективности устройств удаления стружки.

Исследование формирования силовых факторов при реализации рабочего процесса фрезерования Т-образных пазов.

Получение экспериментальных данных осуществлялось в условиях натурного стенда, основой которого является широкоуниверсальный фрезерный станок, тензометрический динамометр и приборный комплекс.

Исследование износа рабочих поверхностей режущего инструмента при реализации рабочего процесса фрезерования Т-образных пазов.

При фрезеровании пазов значение износа рабочих поверхностей режущего инструмента определялось при помощи микроскопа отсчетного типа МПБ-2 с дискретностью замеров 200 мкм длины обработки. Поскольку теоретическая зависимость значений износа рабочих поверхностей режущего инструмента от времени имеет явный нелинейный характер, то измерение значений износа производилось в полном диапазоне его изменения (от острозаточенного состояния до критического износа).

Определение эффективности устройств удаления стружки.

Эффективность устройств удаления стружки устанавливалась по производительности и качеству обработки.

Производительность фрезерования оценивалась по значению минутной подачи (установленной на станке).

Качество обработки оценивалось по точности размерной обработки и значению параметров состояния поверхностного слоя.

Точность размерной обработки оценивалась при помощи нутромера, а значение параметров состояния поверхностного слоя – при помощи профилографа-профилометра 252.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Онищук С.Г., Лобунец Е.Ю.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одной из основных проблем, которую вынуждены решать технические службы предприятия является повышение эксплуатационных характеристик выпускаемых изделий, в частности для ОАО "КЗТС", железнодорожных осей. Особую актуальность производству железнодорожных осей придает активно проводимая "Укрзалізницею" модернизация вагонного парка и парка станков.

Технология ППО с применением энергии магнитного поля заключается в воздействии деформирующего элемента (накатника) на поверхностный слой материала, который находится в переменном магнитном поле. Катушка устанавливается на накатник и при этом тело накатника играет роль сердечника, с помощью специальной установки к катушке подводится электрический ток. Установка, разработанная совместно с техническими службами ОАО "КЗТС", позволяет регулировать напряженность магнитного поля, доводя режим до оптимального значения.

Под воздействием переменного магнитного поля в поверхностном слое детали индуцируются вихревые токи. Наибольшее сопротивление будут оказывать элементы, тормозящие продвижение дислокаций вглубь материала и ограничивающие глубину упрочненного слоя (различные карбидные включения, дефекты кристаллической решетки, места концентрации дислокаций и др.). Вследствие своего высокого электросопротивления эти элементы будут нагреваться значительно больше и быстрее. Преодоление этих препятствий дислокациям при поверхностно-пластическом деформировании будет значительно облегчено. Результат – это увеличение глубины упрочненного слоя при приложении больших усилий деформации без возникновения лущения.

Технология ППО с применением энергии магнитного поля применяется на ОАО "КЗТС" для упрочнения ответственных поверхностей железнодорожных осей (Ось РУ1Ш ГОСТ 22780-77 сталь 0СВ ГОСТ 4728-72) и ряда деталей типа тел вращения (коленвалы, валы и прочее).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАКАЗОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Орлов А.Н.
(ОАО "КЗТС", г. Краматорск, Украина)

Ситуация в промышленности, в том числе машиностроении, определяется теми заказами которые можно реализовать на предприятиях. При этом основными требованиями заказчика будут являться требуемое качество и объем заказа при минимальной цене и срокам.

Не является секретом, что стратегией действий заказчика при этом является полигамия, заключающаяся как в работе над размещением заказа, так и при заключении контрактов сразу с группой предприятий.

При этом полная проработка заказа является достаточно дорогостоящим мероприятием, с учетом того, что в среднем девять проработанных заказов из десяти идут в корзину. Отрицательными моментами при этом является то, что в работе участвуют все группы инженерно-экономического персонала от конструкторов и технологов до экономистов. Кроме того, сроки этой работы крайне сжатые, поэтому как следствие влекут за собой большое число ошибок, которые могут не компенсировать друг друга и явиться минусовыми.

Все перечисленное выше требует разработки и реализации автоматизированной системы обсчета предварительных заказов. Такая разработка проводится на предприятии. В ее основе лежит методика суть, которой заключается в том, что трудоемкость изготовления детали можно найти по обобщенной эмпирической формуле типа

$$T = f(\text{тип детали}, G, M, \text{вид заготовки}, R, \text{НВ} \dots X_1, X_2 \dots X_N),$$

где G – вес детали,

M – материал детали,

R – чистота поверхности,

НВ – вид термообработки,

X_1, X_2, X_N – ряд дополнительных показателей, характерных для того или иного вида детали.

Оценка трудоемкости является основным моментом и позволяет в дальнейшем без особых затрат сформировать цену заказа.

Преимущества такого подхода неоспоримы, так как его применение позволяет ограничиться привлечением лишь одного квалифицированного специалиста для обсчета заказа. Время обработки заказа уменьшается на порядок, от нескольких дней до нескольких часов, а затраты на внедрение системы обсчета заказов минимальны. К примеру, при обсчете заказа на деталь типа вал оно уменьшилось с двух дней до нескольких часов.

Оценочная точность приведенного подхода составляет $\pm 10\%$, это является достаточно приемлемой цифрой для предварительной стадии проработки заказа.

КОНСТРУКТИВНО-КІНЕМАТИЧНА СТРУКТУРА ДВОЗАХВАНТИХ ПРИСТРОЇВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Павленко І.І., Мажара В.А.
(КНТУ, м. Кіровоград, Україна)

Аналіз стану вітчизняного машинобудування показує, що актуальною задачею є подальше підвищення рівня автоматизації металообробного обладнання. Використання промислових роботів, в даному плані, є перспективним напрямком, так як забезпечує необхідну гнучкість роботи технологічного обладнання і дозволяє вивільнити робітників від виконання монотонних, фізично важких та некваліфікованих робіт.

Виходячи з конструкцій вибраних для дослідження двозахватних роботів, які призначені для здійснення завантажування і розвантаження металообробних верстатів, необхідно, щоб захватний пристрій здійснював доцільні для цього рухи. В загальному вигляді це може бути представлено кінематичною структурою робота, де показано, як розподіляються ступені рухомості між окремими кінематичними групами. Кожна з цих груп має відповідне функціональне призначення та приналежність до тієї чи іншої частини робота. Але детально така кінематична структура не вказує на особливості будови та роботи, як робота, так і досліджуваної частини – двозахватного пристрою. Головна увага була приділена дослідженню ступенів рухомості спільних для обох захватів (n_{zc}), які забезпечують зміну захватів місцями (механізм зміни захватів місцями МЗЗМ). Такі рухи необхідні, щоб робот швидко виконував процес розвантаження і завантаження верстату, коли одним захватом забирається із верстата оброблена деталь, а іншим встановлюється заготовка для обробки на верстат.

Для вирішення поставленого завдання необхідно в конструктивну структуру двозахватного пристрою ввести необхідні кінематичні пари, для здійснення спільних рухів захватів (n_{zc}). В роботах, в основному, використовуються кінематичні пари п'ятого класу. Тож можна перейти до формування закінчених конструктивно – кінематичних схем та створення структурних формул.

В цілому, запропонована структура дозволяє врахувати всі основні відмінні ознаки, які забезпечують формування різних конструкцій двозахватних пристроїв, зручно представляти їх будову формулами та ґрунтовно аналізувати, для пошуку найбільш доцільних варіантів, в залежності від особливостей тих чи інших токарних роботизованих комплексів.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНОСА И СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

Покинтелица Н.И.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

The results of researches of process of wear and firmness of disks for thermo-frictional treatment of metals are represented by the account of temperature in an area cuttings and distributing of tensions. It is set that firmness of disks is higher, than firmness of instruments working in similar terms at the traditional cutting.

Процесс износа инструментов обусловлен сложным комплексом физических и химических явлений, которые на различных участках контакта проявляются в разной степени.

Применение способа термофрикционной обработки (ТФО) плоских поверхностей заготовок режущими дисками (РД) в ряде случаев приводит к упрощению технологического процесса, повышению производительности, снижению себестоимости выполняемых операций при сохранении достаточно высокой стойкости инструмента.

Лабораторные эксперименты и наблюдения за работой РД в производственных условиях показали, что изнашивание рабочих поверхностей носит преимущественно абразивно-адгезионный или адгезионный характер. Процесс износа и интенсивность его проявления на рабочих поверхностях РД с учетом температуры в зоне резания и распределения напряжений на этих поверхностях изучен недостаточно.

Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований позволяет установить следующее:

- стойкость РД при ТФО выше, чем стойкость инструментов, работающих в аналогичных условиях при традиционном резании;
- применение РД из низкотеплопроводных материалов в значительной степени уменьшает их стойкость, особенно при резании материалов аналогичного состава;
- режущие диски из конструкционных сталей обеспечивают надежную работу в широком диапазоне скоростей резания ($V_s = 60...300$ м/мин) при резании различных (в том числе и труднообрабатываемых) материалов.

Основной причиной высокой стойкости РД является снижение температуры на рабочих поверхностях в результате многократного сокращения времени работы каждой точки лезвия по отношению к общему периоду эксплуатации инструмента между его переточками.

Результаты исследований можно использовать для прогнозирования интенсивности износа режущих дисков для ТФО плоских поверхностей заготовок.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЛИТЕЙНЫХ СИСТЕМ

Приходько О.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Литейное производство является одним из наиболее сложных в организационно-техническом отношении переделом в тяжелом машиностроении. Проектирование литейных цехов является довольно трудоемким процессом, т.к. приходится учитывать большое количество исходных данных.

Получение качественных отливок может быть обеспечено только при комплексном анализе всех этапов производственных процессов и рассмотрении литейного цеха как системы и системного подхода при решении задач, связанных с организацией его работы. Повышение требований, предъявляемых к качеству отливок, а так же усложнение литейных технологических процессов привели к резкому увеличению объема обрабатываемой информации из-за усложнения структуры литейных цехов.

Таким образом, возникла необходимость в разработке методики и алгоритма автоматизированного определения оптимальной структуры литейного цеха. Оптимальной структурой литейного цеха с разносерийным и многономенклатурным производством можно считать такую организацию выпуска отливок, которая позволяет создавать на основных пределах групповые технологические потоки.

Разработанная методика включает в себя описание модели цеха с оптимальной структурой и мощностью, а также описание алгоритма. В основу разработки методики положена внутрицеховая технологическая специализация, под которой подразумевается такое объединение технологических потоков групп отливок, при котором возможно эффективное применение современных технологических процессов, средств комплексной механизации и автоматизации на основных переделах цеха с достижением наибольшей производительности труда, высокого качества и наименьшей себестоимости литья.

Для решения задачи рационального проектирования и анализа работы существующих литейных цехов в разработанном алгоритме использованы количественные методы. В зависимости от номенклатуры выпускаемых отливок, алгоритм позволяет аналитическим путем определить оптимальную структуру и мощность литейного цеха на период строительства или реконструкции.

Разработанная по данному алгоритму программа может быть адаптирована к производственным условиям литейных цехов при их строительстве или реконструкции, а также найти применение в учебных целях при дипломном проектировании.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ

Равская Н.С., Скрынник П.В., Андронов А.Ю.
(НТУУ "КПИ", г. Киев, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При статистических исследованиях работы режущих инструментов, особенно на черновых операциях, установлено, что до 60% инструментов выходят из строя в результате их поломки. Период стойкости таких инструментов существенно зависит от их эксплуатационной прочности, косвенным показателем которой считают предельную или "разрушающую" подачу S_p , при которой происходит поломка инструмента. Исследования прочности режущей части инструмента методом разрушающих подач позволяет количественно оценить эксплуатационную прочность режущего инструмента и определить поправочные коэффициенты на подачу, учитывающие измененные условия эксплуатации инструмента.

Для моделирования эксплуатационной прочности инструментов на тяжелых станках использован метод группового учета аргументов (МГУА).

При помощи перебора различных решений удается минимизировать роль предпосылок о результатах моделирования. Алгоритм позволяет находить структуру модели и законы, действующие в объекте. МГУА состоит из нескольких алгоритмов для решения разных задач. В него входят как параметрические, так и алгоритмы кластеризации, комплексирования аналогов, ребинаризации и вероятностные алгоритмы. Этот подход самоорганизации основан на переборе постепенно усложняющихся моделей и выборе наилучшего решения согласно минимуму внешнего критерия. В качестве базисных моделей использовались функции следующих типов:

$$f(x) = x, f(x) = 1/x, f(x) = \ln(x).$$

По данным лабораторных испытаний для чернового точения стали по корке токарными резцами с горизонтально расположенными пластинами и для типоразмера станков $D = 1250...2500$ мм (максимального диаметра обрабатываемой детали над станиной) получена следующая зависимость:

$$S_p = \frac{1.87e^{1839.53 \frac{\ln V}{D} + 0.0336 \frac{D^2 \ln^2 t}{\sigma^2} (1 + \frac{89.583}{V^2})}}{e^{1071.21 \frac{\ln t}{\sigma} \left(1 + 9 \cdot 10^{-9} \frac{D^3 V \ln^2 t}{\sigma^2} \right)}}$$

где S_p – среднее значение разрушающей подачи, мм/об; V – скорость резания, м/мин; t – глубина резания, мм; D – размерный параметр станка, мм; σ – предел прочности обрабатываемого материала, МПа.

РАЗВИТИЕ КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТИ КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ

Роганов Л.Л.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Развитие конкурентноспособности кривошипных прессов (КП) необходимо в связи с ростом рыночных схем хозяйствования, уменьшением партий штампуемых однотипным деталям, потребностью быстрого перехода на другие виды заготовок, ограничения в подборе требуемого оборудования для разнообразных процессов ОМД, потребностью использования имеющегося оборудования. Расширение технологических возможностей КП возможно путем встраивания в существующие и проектируемые конструкции КП дополнительных вспомогательных механизмов (ДВМ).

С этой целью предложено устанавливать в типовых КП дополнительный ударный механизм с гидроупругим приводом (ГУП). Механизм с ГУП заряжается энергией либо от отдельной насосной станции либо от движения ползуна КП специальной системой зарядки, которая рассчитана на определенный уровень энергии, отбираемой от маховика пресса.

Разработаны схемы ДВМ на основе ГУП, встраиваемые в КП и обеспечивающие дополнительную энергию деталям КП, что бывает необходимым при операциях, предотвращающих заклинивание КП или при выводе из заклинивания пресса.

Разработаны схемы ДВМ с гидроприводом включения фрикционных муфт КП, что делает работу КП независимой от уровня давления в пневмосистеме цеха.

Разработана схема ДВМ автономного за 20-60 с повышения давления воздуха в ресивере муфты для обеспечения оперативного вывода КП из заклинивания.

Разработаны схемы ДВМ, которые снижают коэффициент трения и износ ответственных трущихся пар КП в зоне работы максимальными нагрузками, что позволяет повысить надежность работы КП, снизить расход энергии на трение при деформации.

Разработаны схемы ДВМ с вынесением кривошипного механизма привода ползуна пресса с главной силовой оси на боковую сторону пресса и приводом ползуна от клиношарнирного механизма или "гибкого" шатуна, что повышает жесткость пресса, точность штамповки, предотвращает заклинивание прессов. Такие решения целесообразны при модернизации или новом проектировании КП.

Выводы: впервые предложен целый ряд ДВМ, которые значительно расширяют технологические возможности КП, повышают их КПД, надежность, уменьшают энергоемкость.

РАЗВИТИЕ НАСОСОВ ДЛЯ НАСОСНО-АККУМУЛЯТОРНЫХ СТАНЦИЙ ГИДРОПРЕССОВ

Роганов Л.Л., Абрамова Л.Н., Жуков Н.Б.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Насосно-аккумуляторные станции (НАС) крупных гидропрессов комплектуются плунжерными насосами большой мощности и габаритов. В последнее время получает развитие новое направление в совершенствовании насосов для машин с гидроприводом. В насосах типа радиально-плунжерных цилиндрические плунжера стали заменять на шары, что позволяет снизить массу насосов, трудоемкость их изготовления, повысить надежность эксплуатации.

Исследования, проведенные в ДГМА, позволили усовершенствовать конструкции насосов с плунжерами в виде шаров, путем установки между корпусом и шаром тонкостенной гильзы с уплотнениями по краям ее наружной поверхности и соединением этой поверхности с регулируемым давлением жидкости. Конструкция такого насоса представлена на рис.1 (разрез вдоль и поперек оси насоса).

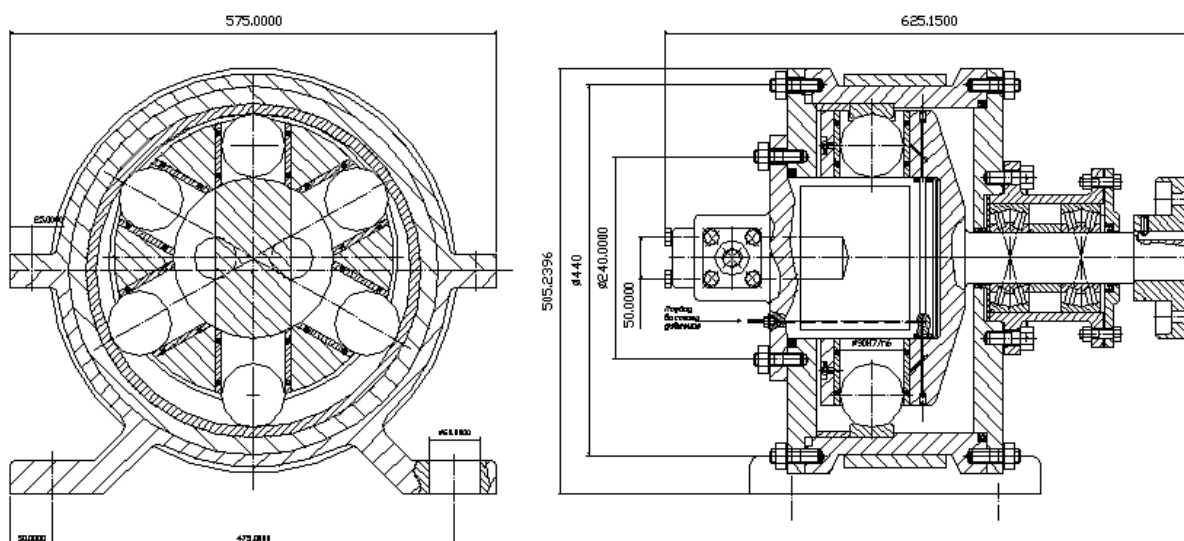


Рисунок 1 – Конструкция насоса с плунжерами в виде шара

Насос состоит из разъемного цилиндрического корпуса, закрепляемого на фундаменте. В боковых фланцах эксцентрично корпусу выполняется вал на двух подшипниках качения муфтой связанный с приводным электродвигателем. Внутри корпуса вал скреплен со стаканом, в стенках которого выполнены радиальные отверстия с гильзами. Внутри гильз размещены плунжера в виде шаров, а внешняя поверхность гильз уплотнена на краях со стаканом, а уплотненные щели соединены каналами с подводом регулирующего давления.

Такая конструкция обеспечивает снижение габаритов насоса примерно в 4 раза, массы в 5 раз, снижает утечки и повышает объемный КПД при работе на минеральных маслах и может использоваться при работе на эмульсии в НАС и других гидравлических приводах.

ВИНТОВЫЕ ПРЕССЫ С МЕХАНИЗМАМИ ДОБАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Роганов Л.Л., Кириенко Т.В., Шоленинов В.Е.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Винтовые прессы (ВП) относятся к оборудованию для обработки материалов давлением (ОМД) периодического действия с маховичным накопителем энергии с остановкой ползуна, приводимого в движение винтовой парой, в нижнем и верхнем положении. Маховик раскручивается обычным электродвигателем через передачи дугостаторным двигателем, гидромоторами, гидроцилиндром и т.п. Получили широкое распространение дугостаторные ВП. Режим включения питания электрическим током обмоток дугостаторного привода в начале движения маховика и связанного с ним винтовой парой ползуна принято считать переходным режимом, при котором сила тока максимальна. В переходном режиме происходит перегрев обмоток дугостатора. При частом включении винтового дугостаторного прессы, по причине перегрева в переходный период обмоток дугостатора, привод и пресс выходят из строя.

В ДГМА была разработана схема добавления дополнительной энергии к маховику дугостаторного привода во время переходного режима включения привода ВП. Добавление энергии в начале раскручивания маховика производится специальным устройством с гидроупругим механизмом (ГУМ), разработанным ДГМА. Особенностью ГУМ является способность обеспечить большую силу в короткий промежуток времени. Например, на ударном стенде СУ-2000 созданным "НКМЗ" совместно с ДГМА сила достигала 12,6 МН за время 0,005 с. По развиваемой мощности ГУМ уступает только взрывным устройствам, значительно превосходя их по точности выделения энергии и безопасности эксплуатации. ГУМ опробован на моделях, опытных и промышленных установках и машинах и показал высокую надежность и эффективность.

Применение ГУМ в дугостаторных ВП потребует его питание от насосной станции, либо от существующих установок с гидроприводом, однако эти дополнительные затраты окупятся надежной и долговечной работой прессы. В качестве питания цилиндра-аккумулятора такого устройства возможно применение пневмоупругого механизма.

Устройства для добавления энергии к приводам во время переходных режимов работы можно применять и на многих других машинах (кривошипные прессы, транспортная техника и т.п.). При применении таких механизмов необходимо предпринимать меры по недопустимости перегрузки деталей машины.

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ МОЛОТОВ

Роганов Л.Л., Кравченко Р.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Молоты с механическим приводом (ММП) можно отнести к одному из наиболее простых по конструкции и распространённых в индивидуальном производстве машин ударного действия для широкого круга операций обработки материалов давлением (ОМД). Основными их достоинствами являются простые механизмы управления, привод от электродвигателя и стандартной электросети, возможность регулировать энергию, частоту ударов в широком диапазоне, простое обслуживание в эксплуатации и ремонте.

К ММП относятся приводные молоты с доской, цепью, ремнём, рессорные, рычажные, пневматические и т.п. ММП выпускаются серийно и их можно подобрать по каталогам и по договорам с заводами-производителями, иногда их изготавливают самостоятельно неспециализированные заводы и предприятия для своих конкретных потребностей.

Одним из крупных недостатков ММП является их шаботная схема устройства. Удар производится приводной бабой, а заготовка размещается на бойке или полуштампе, которые связаны с шаботом. Хотя соотношение масс бабы и шабота зачастую превышает величину 1:20, вибрационные, ударные нагрузки и колебания передаются в окружающую среду и негативно действуют на обслуживающий персонал, здания и оборудование.

В Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА) разработана бесшаботная схема ММП со встречным ударом баб, приводимых синхронно от рычагов с механическим приводом. Схема по конструкции близка к молотам с приводом баб от рычагов, рессор, пневматических. Отличием является привод двух соосных баб. Проблема синхронизации движения баб решается симметричным механическим приводом, а необходимость обеспечения их соударения в одной плоскости – размещением заготовки на упругой площадке. При более раннем соприкосновении с заготовкой любой из движущихся навстречу друг другу баб, заготовка на площадке прогибается до соударения с другой бабой. Таким образом, вся энергия движения ударных частей расходуется на деформирование заготовки, незначительная доля энергии (менее 1%) идёт на смещение площадки под заготовкой.

Построена и испытана модель такого молота, доказана её эффективность. Разработан размерный ряд молотов, проект готов к реализации в производстве.

Выводы. Впервые разработана, испытана и исследована по модели схема приводного механического молота со встречным синхронным движением баб с установкой заготовки или штампа на подпружиненной площадке. Молот не передаёт вибраций и ударов в окружающую среду.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ КРУПНЫХ КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ

Роганов Л.Л., Роменский Е.Ю., Бегунов А.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Наиболее ответственным узлом крупных кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП) является муфта включения (МВ). МВ располагается на консоли эксцентрикового вала сбоку станины пресса, характеризуется большой массой (около 70 т) с большим количеством деталей, их сложностью. Для сжатия фрикционных дисков на крупных прессах применяются сжатый воздух, давлением до 0,8 МПа, разжатие дисков производится пружинами. При снижении давления сжатого воздуха в цеховой пневмомагистральной, крутящий момент, передаваемый МВ, будет меньше номинального, возможна недоштамповка заготовки, заклинивание КГШП, простой на ремонт и обслуживание пресса.

Зависимость работы КГШП от давления сжатого воздуха можно исключить, если сжатие дисков МВ производить от гидроцилиндров. Для этого каждый пресс или группу прессов в цехе необходимо снабдить насосной станцией и решить проблему подвода жидкости давления, например, 32 МПа к вращающимся деталям муфты. Другой проблемой является размещение гидроцилиндра, диаметральный размер которого будут в десятки раз меньше существующих пневмоцилиндров (диаметр поршня около 2,5 м).

В ДГМА разработан проект муфты КГШП 6300 со сжатием дисков МВ от гидроцилиндров.

Была поставлена и решена задача минимальной переделки МВ, сохранение её параметров и снижение массы. Гидравлические цилиндры (ГЦ) в количестве равным количеству пружин разжатия дисков (12 шт.) размещаются на фланце МВ. Плунжера ГЦ выполнены дифференциальными, работающие на сжатие дисков, возвратный ход от пружин.

Подвод сжатой жидкости от гидросистемы ведется через шарнирное соединение.

Разработанная модернизация МВ КГШП уменьшает её массу примерно на 5-6 тонн, и главное обеспечивает работу независимо от давления СВ в цеху или при полном его отсутствии.

Разработка может быть использована при модернизации существующих КГШП или проектирования новых.

КЛИНОШАРНИРНЫЙ МЕХАНИЗМ В КРИВОШИПНЫХ ПРЕССАХ

Роганов Л.Л., Чоста Н.В., Володченко Л.А.
(ДГМА, ЗАО "НКМЗ", г. Краматорск, Украина)

В ДГМА разработан клиношарнирный механизм (КШМ), который отличается от общеизвестного клинового механизма выполнением одной поверхности клина и ползуна частью цилиндрической поверхности с ответными цилиндрическими поверхностями. Такое исполнение КШМ позволяет получать переменное соотношение между силами и ходами приводными (перемещающими клин с одной цилиндрической поверхностью) и силами, и ходами рабочими (перемещающие ползун, с укрепленными на нем рабочим органом). В крайнем нижнем положении ползуна угол между равнодействующей силой и рабочей силой становится равным нулю, а $tg\theta = \infty$. Таким образом, был создан клин с переменной клиновидностью, который можно использовать в различных механизмах и машинах. КШМ способен работать в зонах углов до угла трения. В этом случае при применении его в прессах он обеспечивает работу пресса как винтового. При работе КШМ в зоне углов трения пресс будет работать как кривошипный с крайним фиксированным положением. Исследования показали, что в машинах и механизмах с КШМ большое значение имеет сила трения в трущихся поверхностях КШМ. Были исследованы КШМ из разных материалов, с разными типами смазки, с установкой на поверхности КШМ роликов, обеспечивающих режим трения качения.

Проведено исследование применения КШМ в тяжелых кривошипных горячештамповочных прессах с КГШП6300 усилием в 3 МН выпускаемых ЗАО "НКМЗ". Был выполнен расчет и разработан проект кривошипного усилием на ползуне 125 МН, в котором для привода ползуна применен КШМ, а привод клина осуществлялся приводными механизмами КГШП6300. Привод в виде электродвигателя мощностью 400 кВт, ременной передачи, маховика приводного вала, зубчатой пары, муфта включения устанавливался консольно сбоку на станине пресса. Для увеличения хода ползуна дисцентриковый вал был заменен на коленчатый.

Разработанный пресс СКШМ усилием 125 МН на базе привода КГШП6300 имеет ход ползуна 520 мм, 40 ходов в минуту, ориентировочная масса около 1100 т.

Разработанная конструктивная схема кривошипного пресса усилием 125 МН СКШМ вполне может служить основой для модернизации и проектирования горячештамповочных прессов больших усилий и конкурировать с подобными прессами других зарубежных фирм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ И ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТКИ КОМПРЕССОРА ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Сахнюк Н.В., Качан А.Я.
(ЗНТУ, г. Запорожье, Украина)

Формообразование сложнопрофильных поверхностей лопаток, является одной из самых сложных проблем современного двигателестроения. Эту проблему можно решить методом спирального высокоскоростного фрезерования, в соответствии с которым профиль лопатки образуют путем многопроходного огибания фрезой с постоянным перемещением по ее высоте. При этом в процессе фрезерования осуществляется точечный контакт инструмента и обрабатываемой поверхности лопатки.

Основной особенностью многокоординатных фрезерных станков с ЧПУ, которые применяются для обработки сложных фасонных поверхностей с образующими переменного вида, является автоматизация формообразующих движений по трем взаимно перпендикулярным направлениям, кроме этого осуществляется поворот инструмента вокруг двух взаимно перпендикулярных осей, что позволяет ось инструмента устанавливать в оптимальное положение для конкретного случая обработки.

Целью исследований являлось определение закона движения заготовки и инструмента при обработке поверхностей лопатки компрессора высокоскоростным фрезерованием на 5-ти координатном обрабатывающем центре фирмы Starrag модели SX-051B/C.

Для определения закона движения заготовки и инструмента при обработке заданной фасонной поверхности – пера лопатки компрессора, выбирается форма и размер выходной инструментальной поверхности, т.е. выбирается режущий инструмент. Выбираем относительно простую выходную инструментальную поверхность, например в форме сферы. Определение закона движения заготовки и инструмента основывается на том, что в процессе обработки выходная инструментальная поверхность должна касаться поверхности пера лопатки. В точках контакта нормали и касательные плоскости к поверхности лопатки и выходной инструментальной поверхности должны быть общими. Считаем, что обработка ведется фрезой со сферической режущей частью. Фреза вращается вокруг своей оси и своими режущими кромками описывает выходную инструментальную поверхность в форме шара.

В результате расчетов получены значения углов поворотных осей и координаты расчетной точки инструмента.

По этим формулам рассчитываются перемещения S_1 , S_2 столов A и B , а также перемещения S_3 , S_4 , S_5 инструмента относительно заготовки, которые обеспечивают обработку поверхности пера лопатки.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА ДЛЯ АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Сердюк А.А., Шишкин А.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Экспериментальные исследования [1] показали наличие гистерезиса в зависимости сил резания от толщины стружки, что является причиной самовозбуждающихся вибраций. Подобный гистерезис типичен для субкритического типа бифуркации Хопфа, что позволяет подходить к колебаниям в зоне резания с точки зрения теории детерминированного хаоса.

Для анализа вибраций рассмотрена упрощенная модель нерегенеративного резания, представляющая собой два ортогональных осциллятора, связанных нелинейными силами взаимодействия, зависимыми от скорости и толщины стружки. В качестве бифуркационного параметра системы выбрана безразмерная величина толщины стружки.

Для определения особых точек фазового пространства (узлов, седел, фокусов) динамической системы процесса резания необходимо решить систему четырех нелинейных дифференциальных уравнений при нулевых значениях производных каждой из фаз. В результате решения найдена одна особая точка, тип которой зависит от бифуркационного параметра. Для определения типа особой точки необходимо исследовать характер поведения системы в области этой точки, т.е. определить показатели Ляпунова, которые при численном решении являются действительными частями собственных значений матрицы Якоби, вычисленной в особой точке.

При изменении знака показателя Ляпунова наблюдаем точки бифуркации системы (при решении определены две точки бифуркации). До первой точки бифуркации особая точка системы носит характер узла, аттрактор представляет собой точку в фазовом пространстве, а динамика системы носит характер резко затухающих колебаний. При переходе через первую точку бифуркации (бифуркацию Хопфа) наблюдается изменение узла на седло, аттрактор – предельный цикл, динамика – гармонические колебания с постоянной амплитудой и частотой. При переходе через вторую точку бифуркации наблюдается неустойчивый фокус с квазипериодическими колебаниями, однако экспериментального подтверждения наличия этой точки не найдено.

Таким образом, для предотвращения автоколебаний в станочной системе необходимо устанавливать режимы обработки, близкие к точке бифуркации, однако исключая переход бифуркационного параметра через точку бифуркации.

Литература: 1. J. Gradisek, E. Govekar And I. Grabec. Chatter Onset In Non-Regenerative Cutting: A Numerical Study. Journal of Sound and Vibration (2001), 829 – 838.

НОВЫЕ МАЛООТХОДНЫЕ СПОСОБЫ ВЫДАВЛИВАНИЯ

Соколов Л.Н., Алиева Л.И., Мартынов С.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для процессов выдавливания характерна устойчивая тенденция расширения области применения благодаря преимуществам в снижении расхода металла, трудоемкости, а также за счет обеспечения высокого качества штампуемых деталей. Расширение возможностей выдавливания происходит в результате создания и освоения новых технологических способов деформирования, позволяющих обеспечить большую степень формоизменения за один переход с меньшими нагрузками, устранить дефекты и непредусмотренные отклонения формы и достичь формообразования деталей более сложных конфигураций.

Поперечное выдавливание в разъемных матрицах является высокоэффективным методом изготовления полых и сплошных деталей с фланцами (отростками) различных конфигураций. Способы поперечного радиального выдавливания имеют широкие возможности в управлении кинематикой течения, а значит и в достижении качественного формообразования деталей. Комбинирование схем поперечного и продольного выдавливания путем например дополнения (последовательного или поэтапного) поперечного истечения элементами продольного течения необходимо для усложнения наружного профиля полых деталей. Радиально-обратное выдавливание в подвижной ступенчатой матрице обеспечивает получение деталей со ступенчатой поверхностью. При последовательном радиально-прямом выдавливании появляется возможность отделения части формируемого полуфабриката от основной заготовки и при продолжении процесса деформирования полуфабрикат превращается во втулку, имеющую гладкую или профилированную боковую поверхность. Наибольшую трудность представляет совмещение схем прямого и радиального выдавливания, так как после быстрого формирования фланца процесс превращается из комбинированного в простую схему прямого выдавливания, что может привести к разрушению полуфабриката (отделению фланца).

Малоотходным способом является также процесс обратного выдавливания втулок коническим пуансоном, называемый закрытой сквозной прошивкой. Процесс заключается в том, что пуансон с коническим торцом прошивает насквозь из нескольких заготовок верхнюю, образуя втулку со сквозным отверстием. Для безотходного изготовления колец и втулок используют многоступенчатую заготовку, часть которой вначале подвергают радиальному выдавливанию в поперечную полость матрицы. Затем этим же пуансоном в полуфабрикate пробивают отверстие.

В ходе исследований установлены широкие возможности процессов поперечного радиального, совмещенного радиально выдавливания, а также вариантов, основанных на последовательном и совмещенном комбинировании способов продольного и поперечного выдавливания.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНСТРУМЕНТОВ

Ткаченко Н.А.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из путей повышения эффективности механообработки является снижение простоев металлорежущего оборудования путем своевременного устранения отказов инструмента, прогнозирование которых возможно путем их моделирования.

Моделирование процесса эксплуатации режущего инструмента до появления какого-либо вида отказа и комплексной оценки надежности функционирования инструмента на технологических операциях с учетом отсутствия возникновения отказов предлагается осуществлять работой многоканальных систем массового обслуживания с очередью на обслуживание с двумя состояниями, каждый канал которой представляет собой одноканальную систему-аналог, полученную в результате свертки многоканальной системы, моделирующей образование определенного вида отказа.

Вероятность отсутствия при эксплуатации инструмента i -го вида преимущественного отказа оценивается выражением:

$$P_{n,i} = 1 - \frac{1}{1 + \beta_i \left(1 + \frac{\beta_i^2}{1 + \beta_i} + \frac{\beta_i^4}{(1 + \beta_i)(2 + \beta_i)} + \frac{\beta_i^6}{(1 + \beta_i)(2 + \beta_i)(3 + \beta_i)} + \dots \right)},$$
$$\beta_i = \frac{N_{0,i}}{l_i N_0}$$

где $N_{0,i}$ – среднее число заготовок, обработка которых возможна до возникновения i -го отказа в инструменте; l_i – число элементов инструмента наиболее критичных к возникновению i -го отказа; N_0 – число заготовок в партии.

Искомая оценка вероятности:

$$P_1 = \frac{1}{A_m} (1 + (A_m - 1) \exp(-A_m)), \quad A_m = \sum_{i=1}^{L_m} \frac{1}{P_{n,i}} - (L_m - 1),$$

где L_m – количество преимущественных видов отказов, возникновение которых возможно при эксплуатации инструмента на технологической операции; $P_{n,i}$ – вероятность отсутствия i -го преимущественного вида отказа оцениваемая выражением

Возможность применения систем массового обслуживания для прогнозирования надежности инструмента основана на предположении о том, что инструмент в процессе обработки находится под воздействием пуассоновских потоков случайных событий, т.е. случайные величины, оказывающие наиболее существенное влияние на возникновение отказов, подчиняются пуассоновскому закону распределения случайных величин.

КОМПЛЕКСНІ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ БЕНТОНІТОВИХ ГЛИН – СУЧАСНА ПЕРСПЕКТИВА ФОРМУВАННЯ ПО-СИРОМУ

Федоров М.М.
(ДГМА, м. Краматорськ, Україна)

У практиці сучасного закордонного ливарного виробництва спостерігається стійка тенденція до переходу на роботу з комплексними зв'язувальними матеріалами (КЗМ), за рахунок чого досягається спрощення процесу приготування формувальних сумішей. У технологічному аспекті використання комплексних компаундів на основі високоякісних бентонітів істотно полегшує і спрощує технологію сумішоприготування. Однак основна перевага КЗМ – забезпечення потрібного рівня технологічних властивостей сирих ПБС, за рахунок додавання до їх складу вуглецевмістних матеріалів та ін. технологічних добавок.

На сьогоднішній день, як в Україні, так і в країнах найближчого зарубіжжя такій тенденції роботи з КЗМ ще не приділяли істотної уваги й суттєвих кроків у цьому напрямку поки ще не зроблено. Інша ситуація спостерігається в Європі. Так, німецька компанія "ІКО Minerals Gmb" пропонує своїм споживачам кілька комплексних зв'язувальних матеріалів і протипригарних добавок для піщано-бентонітових сумішей: Priocarbon[®], Antrapur[®], Policarbon[®], Coaldust[®].

Однак, варто звернути увагу на два важливих аспекти застосування цих матеріалів в умовах України, а саме: велика вартість (в кілька разів вище чистого бентоніту); технологічні можливості цих матеріалів не можуть бути повною мірою використані на вітчизняних підприємствах, оскільки ливарне устаткування здебільшого має досить великий фізичний і моральний знос.

Тому, розробка вітчизняної альтернативи закордонним комплексним формувальним матеріалам з урахуванням реалій ливарного виробництва в Україні є досить актуальною задачею.

На підставі теоретичних розробок і проведених експериментальних досліджень запропоновані рецептура і технологія виробництва комплексного зв'язувального матеріалу – бентоніту активованого комплексного (БАК) на основі перспективного бентоніту косянтинівського родовища П1Т₁(А) з активуючими добавками і вуглецевмістними матеріалами. Промислові випробування БАК підтверджують перспективність використання у ливарних цехах нового зв'язувального матеріалу.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ СБОРНОГО РАСТОЧНОГО РЕЗЦА ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Хорошайло В.В., Гузенко В.С., Позняк Г.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина, РУДН, г. Москва, Россия)

При технологическом проектировании актуальной задачей является прогнозирование амплитуд и частот относительных колебаний, сопровождающих процесс устойчивого резания. Большой вылет резца при растачивании и несимметричное нагружение державки указывает на возможность сложной пространственной деформации и взаимных перемещений элементов конструкции.

В качестве нагружающего устройства использована винтовая пара, усилие через датчик силы передается на вершину режущей кромки резца. Для нагружающего устройства предусмотрена возможность занимать различные положения, обеспечивая нагружение инструмента под различными углами от 0 до 90° относительно оси Z .

Суммарное перемещение вершины режущей кромки резца является результатом сложения перемещений, вызванных шестью видами деформаций:

- изгибом державки резца в плоскостях XU и XZ ,
- кручением державки,
- контактной деформацией в стыке "державка – опорная пластина",
- контактной деформацией в стыке "опорная пластина – режущая пластина",
- изгибом консоли опорной пластины.

Подсчитанные указанным образом деформации, деленные на величину действующей силы, определяют податливость элементов конструкции. Анализ баланса податливости исследуемого резца показывает, что при вылете державки резца 80 мм наибольшую долю в суммарном перемещении вершины резца составляет деформация от изгиба державки – более 70% как в направлении оси Y , так и по оси Z . Значительную долю в балансе податливости по оси Z составляют деформации от кручения державки резца – чуть более 17%. Вклад каждого из остальных видов деформаций не превышает 3%. В направлении оси Y большее значение, чем для оси Z , имеют контактные деформации в стыках – порядка 6...7%.

При уменьшении вылета резца с 80 до 50 мм изгибные и крутильные деформации остаются доминирующими, но соотношение между ними изменяется: доля перемещений вершины резца по направлению оси Z от изгибных деформаций уменьшается с 73 до 60%, а от крутильных деформаций – увеличивается с 17 до 26%. В направлении оси Y наблюдается похожая картина: от изгиба – с 72 до 54%, а от кручения – с 4 до 6%.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПРИВОДОМ

Цыганаш В.Е., Гермак В.С.
(ДГМА, г. Краматорск, КНТУ, г. Кировоград, Украина)

Современная промышленная гидравлика, применяемая в машиностроении, стала предвестником гибридной технологии, которая объединяет гидравлическую передачу энергии с прецизионностью и универсальностью электронного управления. Основные элементы гидросистем, включая дроссели, клапаны, золотники, насосы, гидродвигатели, комплектуются датчиками и устройствами сопряжения для электронного управления, предоставляя возможности для реализации новых концепций производственных машин вплоть до свободно программируемых управлений и приводов. Существенно расширяя гамму технических решений, позволяя смелее использовать нестандартные, нетрадиционные решения гибридная технология неизбежно ставит в повестку дня задачи оптимального управления гидросистемами. Но для решения этих задач необходима разработка уравнений, учитывающих зависимости, существующие между структурой, энергией и информацией системы. Это, в свою очередь, требует установления внутренних механизмов функционирования, взаимосвязей и отношений между преобразованиями входных процессов в выходные. Особенно важным является установление и поддержание такого преобразования энергии, при котором приводная мощность (объемная подача насоса умноженная на давление) согласована с потребностью, поскольку при этом в гидросистеме поддерживается максимальное значение КПД.

Поэтому в данной работе в качестве результирующего критерия оптимального управления выбран именно КПД. В его состав входят три частных критерия: установленное для гидросистемы (заданное на данном этапе) значение мощности, мощность потерь и мощность, характеризующая отклонение от оптимального режима работы системы. Все частные критерии представлены в нормированном виде.

Формализация задачи произведена применительно к уравнению, связывающему энергию и информацию. Для работы с переменными системы использована концепция фазочастотного подхода. На основе этой концепции реализована модель процесса энергопреобразования и синтезирована структура гидроистемы в целом.

Такая постановка оптимизационной задачи дает два важных преимущества при ее решении. Во-первых, фазочастотный подход открывает перспективу решения задачи в два этапа. Представление ее в виде двух последовательных этапов избавляет от необходимости решения общей задачи (оптимизации единого функционала), что значительно упрощает как сам процесс решения, так и его техническую реализацию. Во вторых, рассматриваемая гибридная технология имеет хорошо апробированный в промышленных условиях прототип решения аналогичной задачи оптимального управления электрическим режимом мощной электротермической установки, что позволит значительно сократить издержки при ее технической реализации, доводке и внедрении.

СВЕРХЭКОНОМИЧНЫЙ ГИДРОЦИЛИНДР, РАБОТАЮЩИЙ НА ПРОЦЕССЕ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ β -ОЛОВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ В γ -ОЛОВО

Чередниченко С.П.
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Supereconomical hydraulic cylinder working at the polymorphic transformation of β -tin into γ -tin is described.

Общеизвестно существование трёх полиморфных модификаций олова: серое α -олово – полупроводник со структурой типа алмаза, белое β -олово типичный металл с тетрагональной структурой и γ -олово – типичный металл с ромбической структурой.

Приняв объем β -олова за основу равную 100%, имеем его объемные изменения при переходе в γ -олово на $\approx 12\%$ в результате нагрева, и при переходе в α -олово на $\approx 25\%$ в результате охлаждения.

В связи с тем, что белое β -олово является одним из самых мягких металлов $\sigma_T = 1,2 \text{ кг/мм}^2$, его можно принять как "высоковязкую подвижную жидкость" в гидроцилиндрах из высокопрочных металлических сплавов.

Аналитические исследования энергетики и моделирование термодинамических характеристик полиморфного превращения β -олова в результате нагрева в γ -олово и γ -олова в результате охлаждения в β -олово, и исследования олова как "высоковязкой подвижной жидкости" – рабочей среды в гидроцилиндре показали:

- расчетные данные КПД гидроцилиндра, работающего на процессе полиморфного превращения β -олова при переходе в γ -олово, при различных удельных давлениях показывают, что наибольшее значение отношения наблюдается при $P \approx 200 \text{ МПа}$ и достигает 75,8%, а при дальнейшем росте удельных давлений уменьшается и при $P = 1.5 \text{ ГПа}$ составляет 25%;
- что самым экономичным будет гидроцилиндр, работающий на процессе полиморфного превращения β -олова при переходе в γ -олово при удельных давлениях 200 МПа и его можно будет использовать как рабочий орган в "импульсно-прессовых машинах" нового поколения, например, в протяжных станках, которые будут сверхэкономичными за счет выделения скрытой внутренней энергии, затраченной при предыдущем полиморфном превращении γ -олова в β -олово в результате охлаждения.

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЯЗУЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Чигарев В.В., Малыгина С.В.
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

The components influence on protection covers properties is offered.

Основное назначение связующего (жидкого стекла) защитных покрытий – противодействие тепловому и силовому воздействию расплавленных брызг металла. Предпосылками равномерного распределения силикатного связующего между зернами наполнителя и получением удовлетворительных физико-механических и технологических характеристик покрытий являются оптимальная вязкость, высокая связующая способность жидкого стекла. Исследовано под микроскопом взаимодействие жидкого стекла и ряда технологических добавок: органических полимеров, поверхностно-активных веществ, эфиров, спиртов, жиров, сахаристо-крахмалистых и белковых веществ. В результате совмещения жидкого стекла и технологических добавок образуются растворы, эмульсии, суспензии. С большей частью технологических добавок жидкое стекло образует композиции, приемлемые для приготовления защитных покрытий с улучшенными физико-механическими характеристиками. Установлено, что технологические добавки оказывают различное влияние на связующие свойства жидкого стекла. При этом положительное влияние добавок проявляется через снижение его вязкости и повышение клейкости, что в совокупности позволяет получить пленку связующего минимальной толщины. Установлено изменение вязкости жидкого стекла под действием хромпика (0,09% от массы жидкого стекла), марганцовокислого калия. Добавление микродоз марганцово-кислого калия вызывает повышение прочностных характеристик. Обработка жидкого стекла водными растворами эфиров целлюлозы одинаковой с жидким стеклом вязкости резко снижает вязкость последнего и положительно влияет на прочность покрытия, что позволяет рекомендовать указанные эфиры в качестве технологических добавок при общем снижении содержания жидкого стекла в композиции. Обработка жидкого стекла аэросилом и белой сажей положительных результатов, с точки зрения повышения его клейкости, не дала. Улучшение связующих свойств жидкого стекла возможно при растворении аэросила или белой сажи в автоклаве в процессе варки жидкого стекла из силикат-глыбы. Дана токсично-гигиеническая оценка при сварке по защитным покрытиям, содержащим в качестве технологической добавки кремнефтористый натрий в сочетании с хромпиком и эфирами целлюлозы. Работа завершена получением научных данных для разработки защитного покрытия с улучшенными технологическими характеристиками.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ ПЛЮЩЕНКОЙ

Шевченко А.В., Чигарев В.В.
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Наплавка порошковой плющенкой является высокоэффективным технологическим приемом повышения срока службы быстроизнашивающегося оборудования. Однако ее использование в производстве сдерживается рядом нерешенных проблем. В частности мало изучены вопросы легирования при наплавке порошковой плющенкой. Для изучения особенностей процесса легирования необходимо в первую очередь выяснить следующие моменты: какое количество шихты переходит в сварочную ванну помимо капель, как отличаются коэффициенты перехода элементов из сплошной и порошковой плющенки, как зависят коэффициенты перехода элементов от коэффициентов заполнения порошковой плющенки шихтой, как зависят коэффициенты перехода элементов от параметров режима наплавки, какая величина химической неоднородности наплавленного металла. Различная сыпучесть шихты и изменение коэффициента заполнения влияют на ее переход в сварочную ванну. Доля шихты, переходящей в сварочную ванну вместе с электродными каплями колеблется в пределах 0,81...0,85, а количество шихты, попадающей в ванну помимо капель, соответственно будет 0,19...0,15. При использовании сплошной электродной плющенки содержание элементов в каплях выше, чем в наплавленном металле. Результаты расчета коэффициентов перехода показывают, что в случае наплавки сплошной плющенкой относительные потери Si и C на окисление и испарение наибольшие, а Mn – наименьшие. Потери углерода и марганца происходят преимущественно на стадии капли, хрома – на стадии ванны. Кремний несколько больше окисляется в ванне, чем в каплях. При наплавке порошковой плющенкой содержание всех элементов в электродных каплях выше, чем в наплавленном металле. С увеличением напряжения на дуге содержание марганца, кремния и хрома понижается, что объясняется увеличением времени существования электродного металла в стадии капли. С увеличением сварочного тока содержание легирующих элементов в каплях и наплавленном металле незначительно возрастает. С увеличением коэффициента заполнения содержание легирующих элементов в наплавленном металле возрастает. Выравнивающее свойство сварочной ванны при наплавке порошковой плющенкой не обеспечивает получение наплавленного слоя, однородного по химическому составу. Химическая неоднородность проявляется как по ширине, так и вдоль наплавленного слоя. Величина химической неоднородности различна для различных элементов.

РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Шевченко Н.Ю., Лобанова М.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Економічні реформи, які проходять в Україні, передбачають перехід від адміністративно-командного управління економікою до принципів самостійності та самоуправління підприємств, які ґрунтуються на формуванні нових економічних відносин та розвитку ринку.

Входження промислових підприємств України в систему світової конкуренції висуває на порядок денний проблему планування діяльності підприємства, організації стратегічного керування як одну з найбільш важливих у справі вдосконалення механізмів керування підприємства. У той же час питання побудови організаційно-економічних і організаційно-управлінських механізмів формування й реалізації стратегії залишаються малодослідженими як у теоретичному плані, так і з погляду їхнього практичного втілення. У структурі механізмів формування й реалізації стратегії розвитку підприємства важливе місце належить технологіям і моделям прийняття рішення при формуванні й реалізації стратегії.

За допомогою планування керівники підприємств встановлюють напрямки діяльності, виконання яких забезпечує єдність мети і завдань для всіх його виробничих підрозділів та працівників. Підприємство, яке не вміє та не вважає за потрібне планувати свою діяльність, саме стає об'єктом планування, засобом для досягнення кращих результатів іншими підприємствами та іншими учасниками ринкових відносин. Тому управління підприємством є процесом планування, організації, мотивації та контролю, необхідних для того, щоб сформулювати мету діяльності підприємства та шляхи її досягнення.

Для успішного розвитку машинобудівного підприємства необхідно сформулювати оптимальну стратегію, яка б оцінювала діяльність з урахуванням фінансових, економіко-організаційних, технологічних особливостей.

Вирішити поставлену задачу можливо при одночасній реалізації виробничої, фінансової та інвестиційної стратегій з урахуванням наявних ресурсів на основі методів економіко-математичного моделювання та методів управління економічними ризиками.

Таким чином, з розвитком промисловості стає актуальною проблема планування діяльності підприємства. Потенціальні та реальні успіхи в перетворенні економіки, які обумовлені становленням ринкових форм господарювання, багато в чому залежать від масштабів використання сучасних систем і методів розробки стратегій розвитку підприємства, прогнозування, планування і регулювання виробництва, а також адекватних новим умовам економіко-математичних моделей і найбільш ефективних засобів їх реалізації. Забезпечення високої ефективності систем планування на промислових підприємствах з різними організаційно-правовими формами є одним із основних факторів досягнення достатньо високого рівня конкурентоспроможності, стійкої присутності на цільовому ринку, динамічного розвитку.

ЗМІСТ

Клименко Г.П. Особенности эксплуатации режущего инструмента на тяжелых станках	3
Алиев И.С., Грудкина Н.С., Савчинский И.Г. Возможности энергетического метода решения технологических задач штамповки	4
Алиева Л.И., Мороз Б.С. Компьютерное моделирование процесса холодного комбинированного выдавливания	5
Аносов В.Л. Информационная система анализа функциональных ниш и надежности режущего инструмента	6
Баляса Р.Г. Организация взаимосвязи экономических и технологических процессов работы предприятия	7
Бартель Г.П., Манюк В.И. Прогрессивная технология получения качественных литых заготовок для инструмента	8
Борискина Н.А., Сердюк А.А. Программный алгоритм оптимизации режимов фрезерования по критерию себестоимости обработки	9
Виговський Г.М., Громовий О.А., Білявський М.Л. Високошвидкісне торцеве фрезерування. зони вібростійкої роботи	10
Водолазская Н.В., Искрицкий В. М., Водолазская Е.Г. Выбор конструктивных параметров сборочного резьбозавертывающего инструмента	11
Володченко В.В. Необходимость использования PLM-систем на промышленных предприятиях	12
Воронцов Б.С. Гиперболоидные инструменты для изготовления цилиндрических колес с произвольным профилем зуба	13
Гаврыш В.С., Хаустова А.В. Плазменно-механическая обработка в машиностроении и перспективы ее развития	14
Гитис В.Б., Поставная Е.Ю. Нейросетевое гомеостатическое моделирование технико-экономических показателей продукции промышленного предприятия	15
Гринь А.Г., Богущий А.А., Бойко И.А. Оценка качества металла оболочек порошковых проволок	16
Гринь А.Г., Карпенко В.М., Свиридов А.В. Выбор состава наполнителя порошковой проволоки для сварки меди	17
Гринь А.Г., Свиридов А.В., Шаповалов К.П. Прессованная порошковая проволока для сварки меди	18
Гузенко В.С., Бабин О.Ф., Денщик Р.В. Возможности улучшения динамических характеристик фрезерного станка	19
Гузенко В.С., Мироненко Е.В., Марчук Е.В. Повышение жесткостных характеристик сборных конструкций резцов	20
Гузенко В.С., Полупан И.И. Применение вейвлет-преобразований для обработки сигналов в процессе резания	21
Гурей Т.А. Визначення температури в зоні контакту при фрикційному зміцненні ..	22
Гусев В.В., Киселева И.В. Системный подход к формированию качества поверхностного слоя деталей из конструкционной керамики при алмазном шлифовании	23

Данич В.Н. Использование концепции информационно-управленческих архитектур в управлении предприятием	24
Данич В.Н., Дёмин М.К., Шкибтан О.Н. Информационно управленческие архитектуры предприятий машиностроительного комплекса	25
Дарченко Н.Д. Матричний метод оцінки результативності персоналу машинобудівного підприємства	26
Донченко Е.И. Рекомендации по проектированию измерительного канала для исследований динамики торцевого фрезерования	27
Заблоцкий В.К., Дьяченко Ю.Г. Влияние активатора на формирование износостойких борхромированных покрытий на инструментальных углеродистых сталях	28
Заблоцкий В.К., Лапченко А.В. Особенности формирования диффузионных титановых покрытий на инструментах из углеродистых сталей	29
Заблоцкий В.К., Шимко А.И. Применение алитирования для повышения жаростойкости нагревателей из нихрома Х20Н80	30
Залого В.А., Ивченко А.В., Собокарь Д.Е. Маркетинговые исследования качества работы поставщиков режущего инструмента, оснащенного сменными многогранными твердосплавными пластинами	31
Залого В.А., Криворучко Д.В. Термомеханическая конечно-элементная модель процесса резания сталей	32
Залого В.О., Криворучко Д.В., Сорокін А.М. До питання підтвердження адекватності скінчено-елементної моделі процесу прямокутного різання	33
Ивченко Т.Г., Голембиевская Т.Н. Исследование тепловых явлений при резании в условиях нестационарного теплообмена	34
Ивченко Т.Г., Рудина И.А. Управление параметрами эксплуатации комбинированного инструмента для лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки	35
Казакова Т.В., Мироненко Е.В., Соловьев М.Г. Модель системы инструментального обеспечения в среде технологического процесса	36
Калафатова Л.П., Олейник С.Ю. Влияние конструктивных особенностей нежестких корпусных деталей на изменение их динамической жесткости при механической обработке	37
Калафатова Л.П., Поезд С.А. Оптимизация процессов механической обработки деталей из хрупких неметаллических материалов	38
Калініченко В.В. Використання енергетичного критерію в моделях для розрахунково-аналітичного визначення режимів різання інструментом, обробленим імпульсним магнітним полем	39
Кассов В.Д., Серов И.В. Оптимизация состава порошковой проволоки	40
Клименко Г.П., Андронов А.Ю. Определение размеров режущей пластины инструмента с учетом накопления его повреждения	41
Клименюк М.М. Діагностування підприємства як фактор підвищення його ефективності	42
Ковалев В.Д., Бабин О.Ф., Донченко А.И. Системы питания гидростатических опор станков с высокими жесткостными характеристиками	43
Ковалев В.Д., Гакос С.А. Комплексное адаптивное управление станками по нескольким информативным параметрам процесса резания	44

Ковалев В.Д., Васильченко Я.В. Система адаптивного регулирования процесса механической обработки на тяжелых станках	45
Ковалевская Е.С. Управление процессом резания с учетом динамической системы станка с ЧПУ	46
Колот Л.П., Бойко Ю.А. Применение МИО для обработки нежестких деталей	47
Колот Л.П., Ковалевская Е.С. Уменьшение остаточных деформаций нежестких деталей путем правки в электромагнитном поле	48
Колот О.В., Колот В.О. Теоретичні аспекти формування залишкових напружень на основі їх фізичної сутності	49
Колот О.В. Особенности застосування кріогенної технології для підвищення якості твердосплавного інструменту	50
Косячков В.А., Фесенко М.А., Фесенко А.Н. Получение биметаллических чугуновых отливок для тяжелого машиностроения методом внутриформенного модифицирования	51
Кривий П.Д., Бондаренко О.Л., Сеник А.А. Гармонічний аналіз точності форми згортних втулок приводних роликів і втулкових ланцюгів	52
Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьову силу і крутний момент при свердлінні	53
Крупко В.Г., Дорохов Н.Ю., Алешичев П.В. Динамическая модель волновой цепной передачи	54
Кузнецов Ю.Н., Фарук Вахид Эль-Дахаби Создание высокоскоростного зажимного патрона	55
Кушик В.Г. Особенности обеспечения эксплуатационной точности элементов целевых механизмов токарных автоматов	56
Лена Н.Н., Лена С.Н. Модели координации процессов планирования производства	57
Лубенская Л.М., Молчанов Д.В. Анализ методов подготовки деталей под защитные и декоративные покрытия	58
Макаренко Н.А., Кассова Е.В. Разработка порошковой проволоки для механизированной сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей открытой дугой	59
Макаркіна Г.В., Кутепов М.Л., Добридень К.М. Динамічна оцінка впливу машинобудування на економіку донецького регіону	60
Макаркина А.В., Ковалевская О.С. Кибернетическая концепция управления производством и реализацией продукции тяжелого машиностроения	61
Маковецкий А.В. К решению связанной задачи теплопроводности при нагреве особотонкостенных оболочек	62
Маковецкий А.В. Получения изделий П-образной формы из титановых сплавов ...	63
Маковецкий А.В., Маковецкий В.В. К проблемам энергопотребления в металлообработке	64
Марков О.Е. Совершенствование формы кузнечных заготовок в тяжелом машиностроении	65
Мартынов А.П., Пацора А.П. Автоматизированное нормирование допусков расположения крепёжных отверстий для обеспечения взаимозаменяемости узлов ..	66

Мельник М.С. Динамический анализ привода поперечной подачи тяжелого токарного станка с системой адаптивного управления	67
Мельников А.Ю., Гуржиев В.Ю. Автоматизация расчета себестоимости	68
Мельничук П.П., Крижанівський В.Б. Програмні засоби для моделювання процесів в поверхневому шарі при механічній обробці	69
Миранцов С.Л., Миранцов Л.М. Моделирование колебаний элементов технологической системы, включающей процесс резания и сборный инструмент	70
Мироненко Е.В., Бобух Л.А. Прогнозирование качества сборки фрез модульного типа по результатам контроля параметров базовых поверхностей	71
Мироненко Е.В., Клочко А.А. Создание современной инфраструктуры оснащения станков с ЧПУ сборным модульным инструментом	72
Мироненко Е.В., Колесник В.Ф., Носков В.В. Применение специальных твердосплавных пластин с покрытием для черного точения сталей	73
Мирошниченко Ю.В. Прогнозирование работоспособности режущего инструмента с износостойким покрытием	74
Мишура Е.В. Применение сухого резания в механообработке валков холодного проката	75
Мицьк В.Я. Перспективы развития технологий и оборудования виброобработки в современном машиностроении	76
Нечепав В.Г., Гнитько А.Н., Каракуц И.С. Оценка адекватности моделей функционирования устройств удаления стружки при фрезеровании пазов	77
Нечепав В.Г., Гнитько А.Н., Пархоменко Н.В. Экспериментальные исследования силовых факторов при фрезеровании закрытых профильных пазов	78
Нечепав В.Г., Гнитько А.Н., Степаненко Е.А. Методика экспериментальных исследований эффективности фрезерования закрытых профильных пазов	79
Онищук С.Г., Лобунец Е.Ю. Промышленное применение технологии упрочнения деталей машин поверхностно-пластической обработкой с применением энергии магнитного поля	80
Орлов А.Н. Методика оценки производственных заказов на предприятии	81
Павленко І.І., Мажара В.А. Конструктивно-кінематична структура двозахватних пристроїв промислових роботів	82
Покинтелица Н.И. Исследование процесса износа и стойкости инструмента при термофрикционной обработке	83
Приходько О.В. Разработка методики и алгоритма автоматизированного проектирования оптимальных литейных систем	84
Равская Н.С., Скрынник П.В., Андронов А.Ю. Моделирование эксплуатационной прочности инструментов для тяжелых станков	85
Роганов Л.Л. Развитие конкурентноспособности кривошипных прессов	86
Роганов Л.Л., Абрамова Л.Н., Жуков Н.Б. Развитие насосов для насосно-аккумуляторных станций гидропрессов	87
Роганов Л.Л., Кириенко Т.В., Шоленинов В.Е. Винтовые прессы с механизмами добавления энергии	88
Роганов Л.Л., Кравченко Р.А. Развитие механических молотов	89

Роганов Л.Л., Роменский Е.Ю., Бегунов А.А. Совершенствование фрикционных муфт крупных кривошипных прессов	90
Роганов Л.Л., Чоста Н.В., Володченко Л.А. Клиношарнирный механизм в кривошипных прессах	91
Сахнюк Н.В., Качан А.Я. Определение закона движения заготовки и инструмента при обработке поверхностей лопатки компрессора высокоскоростным фрезерованием	92
Сердюк А.А., Шишкин А.В. Применение теории детерминированного хаоса для анализа вибрации при токарной обработке	93
Соколов Л.Н., Алиева Л.И., Мартынов С.В. Новые малоотходные способы выдавливания	94
Ткаченко Н.А. Прогнозирование отказов при эксплуатации инструментов	95
Федоров М.М. Комплексні зв'язувальні матеріали на основі бентонітових глин – сучасна перспектива формування по-сирому	96
Хорошайло В.В., Гузенко В.С., Позняк Г.Г. Моделирование деформаций сборного расточного резца при статической нагрузке	97
Цыганаш В.Е., Гермак В.С. Особенности модели для решения задачи оптимального управления гидроприводом	98
Чередниченко С.П. Сверхэкономичный гидроцилиндр, работающий на процессе полиморфного превращения β -олова при переходе в γ -олово	99
Чигарев В.В., Малыгина С.В. Улучшение физико-химических характеристик связующих защитных покрытий	100
Шевченко А.В., Чигарев В.В. Автоматическая наплавка порошковой плюшкой ..	101
Шевченко Н.Ю., Лобанова М.В. Розробка оптимальної стратегії функціонування машинобудівного підприємства	102

ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

МАТЕРІАЛИ IV Міжнародної науково-технічної конференції

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол №11 від 25.05.2006

Підп. до друку 25.05.2006
Друк ризографіч.
Тираж 100 прим.

Формат 60×84 ¹/₁₆
Ум. друк. арк. 6,75
Зам. №131