

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ  
XIV Міжнародної  
науково-технічної конференції**

За заг. ред. В.Д. Ковальова, д-ра техн. наук

Краматорськ 2016

## УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції 31 травня — 3 червня 2016 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова, д-ра техн. наук — Краматорськ : ДДМА, 2016. — 108 с.

**ISBN 978-966-379-773-1**

У 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

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

Члени програмного комітету:

<b>Антонюк В.С.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Бондар Ю.Г.,</b>	директор ПАТ "КЗВВ"
<b>Внуков Ю.М.,</b>	д.т.н., проф., проректор з НДР ЗДТУ
<b>Грабченко А.І.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Дашич П.,</b>	проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія
<b>Єфімов М.В.,</b>	ген. директор ПАТ "ЕМСС"
<b>Залога В.О.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ
<b>Ілларіонов Р.,</b>	проф., проректор ТУГ, Болгарія
<b>Калафатова Л.П.,</b>	д.т.н., проф. ДонНТУ
<b>Кассов В.Д.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Клименко Г.П.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Клименко С.А.,</b>	д.т.н., проф., заст. директора ІНМ ім. В. Бакуля НАН України
<b>Клочко О.О.,</b>	д.т.н., проф., НТУ "ХПІ"
<b>Луців І.В.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ ім. І. Пулюя
<b>Майборода В.С.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Мельничук П.П.,</b>	д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
<b>Мироненко Є.В.,</b>	д.т.н., проф., декан ДДМА
<b>Новіков М.В.,</b>	академік НАН України, директор ІНМ ім. В. Бакуля НАН України
<b>Павленко І.І.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
<b>Пасічник В.А.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Пермяков О.А.,</b>	д.т.н., проф. НТУ "ХПІ"
<b>Петраков Ю.В.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Равська Н.С.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Рібайн Ф.,</b>	ген. директор "Heidenhain", Німеччина
<b>Сорока О.Б.,</b>	д.т.н., ПІМ НАН України
<b>Струтинський В.Б.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Суков Г.С.,</b>	к.е.н., ген. директор ПАТ "НКМЗ"
<b>Тимофєєв Ю.В.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Турчанін М.А.,</b>	д.т.н., проф., проректор ДДМА
<b>Христо К. Радєв,</b>	д.т.н., ТУ "Софія", Болгарія

ISBN 978-966-379-773-1

© ДДМА, 2016

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
DONBAS STATE ENGINEERING ACADEMY**



**HEAVY ENGINEERING  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**MATERIALS**  
of the XIV International  
scientific and technical conference

under general edition of V. Kovalov, Doctor

Kramatorsk 2016

Heavy engineering. Problems and prospects of development : materials of the XIV International scientific and technical conference — May 31 — June 3, 2016 / under general edition of V. Kovalov, Doctor — Kramatorsk : DSEA, 2016. — 108 p.

**ISBN 978-966-379-773-1**

Materials for solving urgent problems of heavy engineering, design, manufacture and operation of machines, machine tools, tools, development and deployment of advanced energy saving technologies are described in the collection of abstracts.

## INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Chairman

**Kovalov V.D.**, Dr., Prof., rector DSEA

Members of program committee:

<b>Antonjuk V.S.</b> ,	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Bondar Y.G.</b> ,	Director KZTS
<b>Dašić P.</b> ,	Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia
<b>Grabchenko A.I.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"
<b>Hristo K. Radev</b>	Dr., TU "Sofia", Bulgaria
<b>Illarionov R.</b> ,	Prof., vice-rector of TUG, Bulgaria
<b>Kalafatova L.P.</b> ,	Dr., Prof., DonNTU
<b>Kassov V.D.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. DSEA
<b>Klimenko G.P.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. DSEA
<b>Klimenko S.A.</b> ,	Dr., Prof., vice-director ISM NAS of Ukraine
<b>Klochko O.O.</b> ,	Dr., Prof., NTU "KhPI"
<b>Lootsiv I.V.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. TNTU
<b>Majboroda V.S.</b> ,	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Melnichuk P.P.</b> ,	Dr., Prof., rector ZhSTU
<b>Mironenko E.V.</b> ,	Dr., Prof., dean DSEA
<b>Novikov N.V.</b> ,	Academician NAS of Ukraine, director ISM NAS of Ukraine
<b>Pavlenko I.I.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. KSTU
<b>Pasichnyk V.A.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"
<b>Permjakov O.A.</b> ,	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Petrakov Y.V.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"
<b>Ravskaya N.S.</b> ,	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Rehbein F.</b> ,	General Director "Heidenhain", Germany
<b>Soroka O.B.</b> ,	Dr., IPMS NAS of Ukraine
<b>Strutinskij V.B.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"
<b>Sukov G.S.</b> ,	Ph.D., General Director NKMZ
<b>Timofeev Y.V.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"
<b>Turchanin M.A.</b> ,	Dr., Prof., vice-rector DSEA
<b>Vnukov Y.N.</b> ,	Dr., Prof., vice-rector ZSTU
<b>Yefimov M.V.</b> ,	General Director EMSS
<b>Zaloga V.A.</b> ,	Dr., Prof., head of dep. SSU

## CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL STRENGTH OF TOOL MATERIALS UNDER HEAVY MACHINING

<sup>1</sup>O. Soroka, <sup>1</sup>I. Rodichev, <sup>1</sup>O. Shabetia, <sup>2</sup>V.Kovalov, <sup>2</sup>Y.Vasilchenko  
(<sup>1</sup>G. S. Pisarenko IPS, NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, <sup>2</sup>DSEA, Kramatorsk, Ukraine)  
rym40a@gmail.com

Among key parameters, along with wide-usage basic tool material characteristics as hardness, fracture toughness, stiffness, abrasion resistance, for tool material when heavy machining strength and deformability characteristics, including ones under high temperature become important. Like all brittle and semi-brittle materials cemented carbides are defect-sensitive and different inner, surface and subsurface defectiveness of samples and cutting plates leads to different values of parameters of strength for samples and structural strength. Because of differences in manufacturing technology of laboratory samples and cutting plates, test results for samples do not reflect the cutting plate's actual properties. It is well-known that different geometries can give different strength values, by a factor of up to 50%. Test-piece surface preparation can have an even bigger effect than geometry. The increase can be as much as 100%. Under heavy cutting the performance includes both characteristics of wear-resistance and fracture. Wear is considered as a process of accumulating of scattered damage which precedes fracture.

To assess structural strength special methods of cutting plates and cutting edges testing are developed. We suggested testing cutting plates on three point bending to get the value of structural strength of cemented carbide. The role of cutting plates bending strength tests increase not only because of cutting plate - sample distinction but because of large zone and value of tensile service stresses under heavy machining. To implement the test a special loading device is developed. Party of the number of 5 of units of cemented carbide cutting plates ((85% – WoC, 5% – TiC, 10% – Co) was tested on a hydraulic machine ZD - 4 with a load speed of 6.5...10 MPa/s. The values of strength limit for standard test-pieces and cutting plates are lower by a factor of up to 50%...75%. The method of cutting edge scanning which allows determining continuous characteristics of fracture resistance and damageability of cemented carbide cutting plates edges is suggested. We also suggest method of cutting edge scanning with carbide or polycrystalline superhard material indenter which allows determining continuous characteristics of fracture resistance and damageability of cemented carbide cutting plates edges. We fix the value of the angle between cylindrical element of the indenter and front surface of the tested sample. The value of the angle is chosen considering the tasks of tests. We can scan front or back surface and the load values on the indenter are controlled by use of etalons with different weight. On the length of the scanning the depth of chips  $h_i$ , linear size  $b_i$  of the chips area along the edge  $l$ , number of chips  $N$  are measured. As the parameters of damageability maximum  $h_{max}$  and mean  $h_{mean}$  values of depth of chips and their ratio  $h_{max}/h_{mean}$ , as well as density  $b/l$  and area  $F$  of chips are used. As the indicator of local fracture resistance of edge the ratio of load  $P$  to the mean depth of chips  $P/h_{mean}$  is proposed. The approach of accelerated testing of cutting plates under high contact loading with friction using facilities and equipment that is used in suggested machining is suggested. A massive cylindrical workpiece (shaft) installed on a lathe is used as a counterbody. Tested cutting plate is fixed in a special tool mount in such a way as to minimize metal chip making due the chosen cutting angle. The tool mount structure allows installing dynamometer to control a value of pressing load of cutting plate  $P$  to counter body. Because of the high level of contact load the formation of wear chamfer and chipping on the back surface of the cutting plate is occurred. As the parameter of wear, we use the value of the chamfer area for a certain time of testing.

## ОБОСНОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАРЬЕРНЫХ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

**Абакумов Д.С.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

В настоящее время широкое применение получила методика безэкспертной оценки качества гонных машин, разработанная под руководством Г. И. Солода. Методика основывается на фундаментальных принципах квалиметрии и позволяет количественно оценивать технический уровень и качество функционально однородных машин разных типов, типоразмеров и конструктивных исполнений. Важным этапом данной методики является установление комплекса показателей технического уровня машины, который представляет собой уровень качества, обеспечиваемый при ее проектировании.

В нормативном документе, в качестве основных показателей, определяющих качество карьерных одноковшовых экскаваторов типа «прямая лопата», рассматриваются основные показатели назначения: наибольшая высота копания, наибольшая высота выгрузки; наибольший радиус копания; наибольший радиус выгрузки; конструктивная масса; среднее давление на грунт при передвижении; вместимость ковша; теоретическая продолжительность цикла.

Низкое значение давления на опорную поверхность необходимо, в первую очередь, при работе на слабых грунтах. Давление на опорную поверхность можно снизить за счет увеличения ширины гусеничной ленты и других параметров ходового устройства без существенного усложнения машины и увеличения ее массы. В связи с этим показатель незначительно влияет на качество экскаватора, и рассматривать его в качестве показателя технического уровня экскаваторов нет необходимости.

Отсюда следует, что из предлагаемых показателей лишь конструктивная масса, наибольшая высота копания, наибольший радиус копания и теоретическая продолжительность цикла могут характеризовать техническое совершенство одноковшового экскаватора.

Для оценки технического уровня горных машин широко используют функциональные критерии, которые хотя и являются менее общими по сравнению с экономическими, однако позволяют достаточно объективно оценивать их техническое совершенство. В этой связи из исходной номенклатуры групп показателей качества перво-степенное значение приобретают показатели назначения, надежности и технологичности, и существенно меньшее значение имеют остальные группы показателей.

**Литература:** 1. Солод, Г. И. Повышение долговечности горных машин / Г.И. Солод, К.И. Шахова, В.И. Русихин. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с. 2. Беляков, Ю.И. Совершенствование экскаваторных работ на карьерах / Ю.И. Беляков, В.М. Владимиров. – М.: Недра, 1974. – 303 с. 3. Домбровский, Н.Г. Экскаваторы. Общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения / Н.Г. Домбровский. – М.: Машиностроение, 1969. – 319 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАРЬЕРНЫХ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Абакумов Д. С.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Основным направлением развития угольной промышленности является преимущественный рост доли открытого способа разработки месторождений как наиболее эффективного и перспективного.

Целью работы является - повышение технического уровня карьерных одноковшовых гидравлических экскаваторов на стадии проектирования.

Идея работы заключается в оптимальном согласовании показателей технического уровня и параметров одноковшовых экскаваторов посредством системного анализа существующих между ними взаимосвязей.

Экскаваторы занимают центральное место в технологической цепи добычи полезных ископаемых открытым способом и выполняют свыше 80% общего объёма работ. Очевидно, что их высокопроизводительная работа напрямую влияет на эффективность ведения горных работ. Самым распространённым классом экскаваторов являются одноковшовые экскаваторы, причем на карьерах наиболее распространено оборудование «прямая лопата».

Для создания машин действительно высокого технического уровня необходимо исходить из системного подхода к экскаватору, суть которого заключается в том, что при проектировании следует учитывать не только состав объекта, но и взаимосвязи между его элементами и частями, а также с внешней средой.

Одним из эффективных инструментов оптимизации параметров карьерных экскаваторов становится математическое моделирование, которое позволяет существенно снизить трудоёмкость и затраты времени по сравнению с испытаниями машин на натурных моделях.

Этот круг вопросов по существу связан с проблемой повышения качества промышленной продукции, являющейся одной из наиболее важных проблем развития экономики в условиях рынка, решению которой в настоящее время уделяется большое внимание. Для создания карьерной экскавационной техники высокого технического уровня необходимо исходить из системного подхода к экскаватору, суть которого заключается в том, что при проектировании следует учитывать не только состав объекта, но и взаимосвязи между его элементами.

В работе содержится решение актуальной научной задачи оптимизации параметров карьерных одноковшовых гидравлических экскаваторов, позволяющее создавать машины нового, высокого технического уровня.

**Литература:** 1. Баймолдаев, Т.А. Методика оценки технического уровня одноковшовых экскаваторов / Т.А. Баймолдаев // Механизация строительства. 2007. - №2. - С. 27-29.

2. Ефимов, В.Н. Карьерные экскаваторы Текст.: справочник рабочего / В.Н. Ефимов, В.Н. Цветков, Е.М. Садовников. М.: Недра, 1994.- 381 с. 3. Штейнцайг, В.М. Мощные карьерные одноковшовые экскаваторы Текст. / В.М. Штейнцайг. М.: Наука, 1993. - 190 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ В РАЗЪЁМНЫХ МАТРИЦАХ

Абхари П. Б.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Штамповка в разъемных матрицах применяется при изготовлении, как правило, поковок типа тел вращения. Для поковок сложной конфигурации трудно обеспечить одновременный выход штампуемого металла по периметру поковки к поверхности разъема штампа, это приводит к образованию зажима металла в отдельных частях поковки и незаполнение полостей, так же исчерпание ресурса пластичности до оформления необходимой конфигурации, заклиниванию штампа, невозможности до штамповки поковки и возможному разрушению штампа.

Целью настоящего исследования является исследование формоизменения заготовки в процессе штамповки и исследование деформированного состояния деталей с фланцем в разъемных матрицах на основе метода конечных элементов (МКЭ) в среде QForm 2D.

При моделировании процесса использовались следующие параметры:

$R_0$  – радиус заготовки ( $R_0 = 10\text{мм}$ ),  $L$  – высота заготовки ( $L = 45\text{мм}$ ),  $h$  – высота отрезка ( $h = 5\text{мм}$ ),  $R$  – наружный радиус полости ( $R = 25\text{мм}$ ),  $l$  – длина отрезка ( $l = 15\text{мм}$ ),  $r$  – радиус закругления кромки ( $r = 2\text{мм}$ ), коэффициент трения между материалом заготовки и инструментом  $\mu = 0.08$  (закон Зибеля) и материал АМЦМ.

Схема процесса в начальной и конечной стадии представлена на рис. 1.

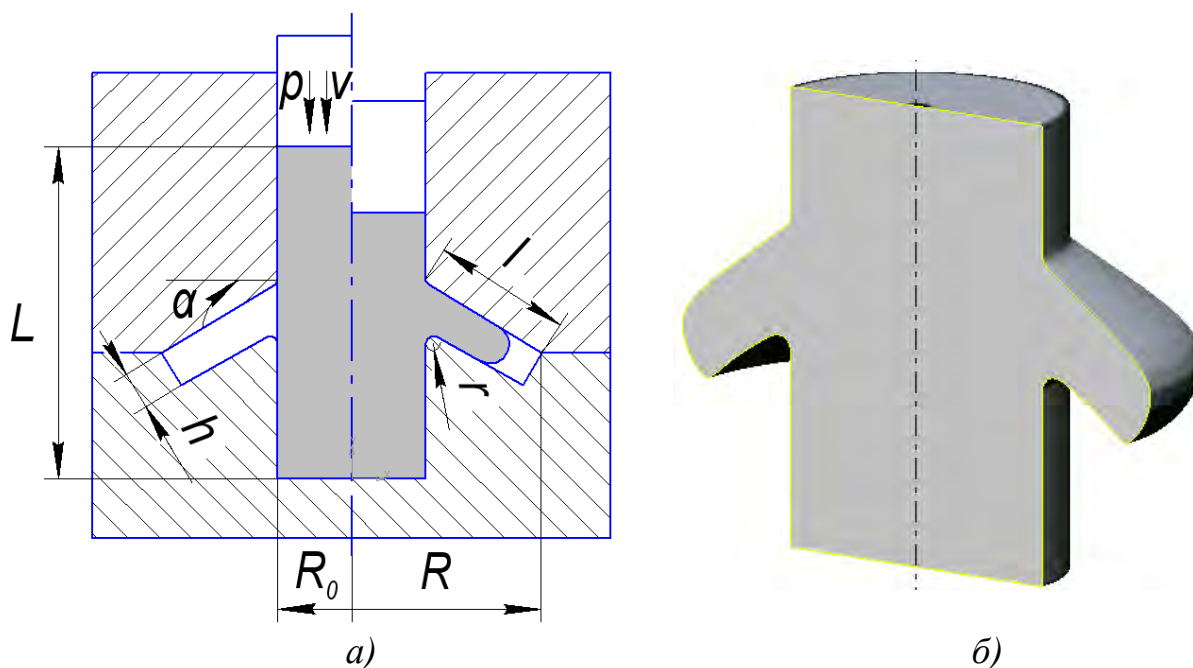


Рисунок 1 - а) Схема процесса выдавливания заготовки в разъемных матрицах, б) получаемый полуфабрикат



Следует отметить, что поперечное истечение металла при штамповке в разъемных матрицах является канальным, так как металл вытесняется в один или несколько каналов матрицы (рис. 2). Канальное истечение металла может быть симметричным и несимметричным. Штамповку деталей типа фитингов производят с несвободным канальным истечением.

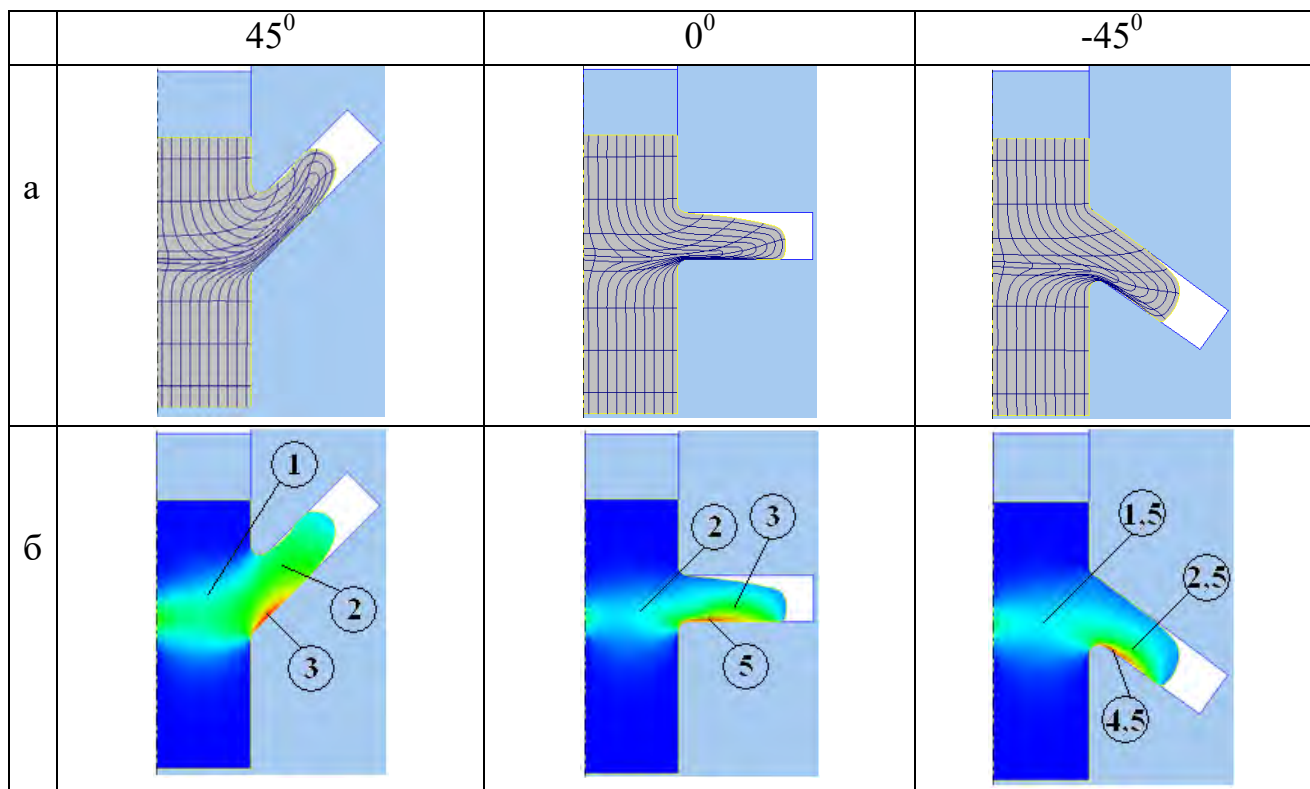


Рисунок 2 – Схемы выдавливание в штампе с разъемными матрицами

а) искажение делительной сетки сетка; б) распределение интенсивности деформаций по ходу деформирования  $s/R_0=1,5$

Наиболее благоприятной с точки зрения равномерности деформаций, является схема выдавливания под углом  $\alpha = -45^{\circ}$ . Это снижает вероятность образования трещин и позволяет прогнозировать более высокие эксплуатационные характеристики детали.

### Выводы

Проведено моделирование процесса штамповки прутковой заготовки с целью установления оптимального угла наклона. Исследованию подвергались три образца с одинаковыми геометрическими параметрами, и использовались три матрицы с различными углами наклона каналов. Установлено, что наименьшее усилие процесса наблюдается при  $\alpha = -45^{\circ}$ , что обусловлено направлением движения инструмента совпадающего с направлением течения металла. В то же время наибольшее усилие процесса наблюдается при наклоне отрошков  $\alpha = 45^{\circ}$ . Также исследовано деформированное состояние при различных углах наклона  $\alpha$  относительно тела поковки. Установлено, что максимальная интенсивность деформаций наблюдается в зонах, контактирующих с полостью матрицы.

# СИЛОВОЙ РЕЖИМ КОМБИНИРОВАННОГО РАДИАЛЬНО-ПРЯМОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ С ОБЖАТИЕМ

Алиева Л.И., Картамышев Д.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Сложнопрофилированные детали типа втулок с переменной толщиной стенки являются распространенным в машиностроении видом изделий. Преимущественным способом их изготовления является механическая обработка резанием из трубных заготовок. Альтернативой методу механообработки является способы обработки металлов давлением, в частности, точной холодной объемной штамповки. Одним из высокоэффективных способов получения полых деталей с переменной толщиной стенки является комбинированное радиально-прямое выдавливание обжатием (на конической оправке) [1].

Анализ силового режима процессов деформирования, определение давлений и сил выдавливания является необходимым этапом разработки технологий холодного деформирования, отличающихся повышенными удельными и полными нагрузками на рабочий инструмент.

Повышение эффективности исследований и инженерных разработок достигается использованием математических методов планирования экспериментов.

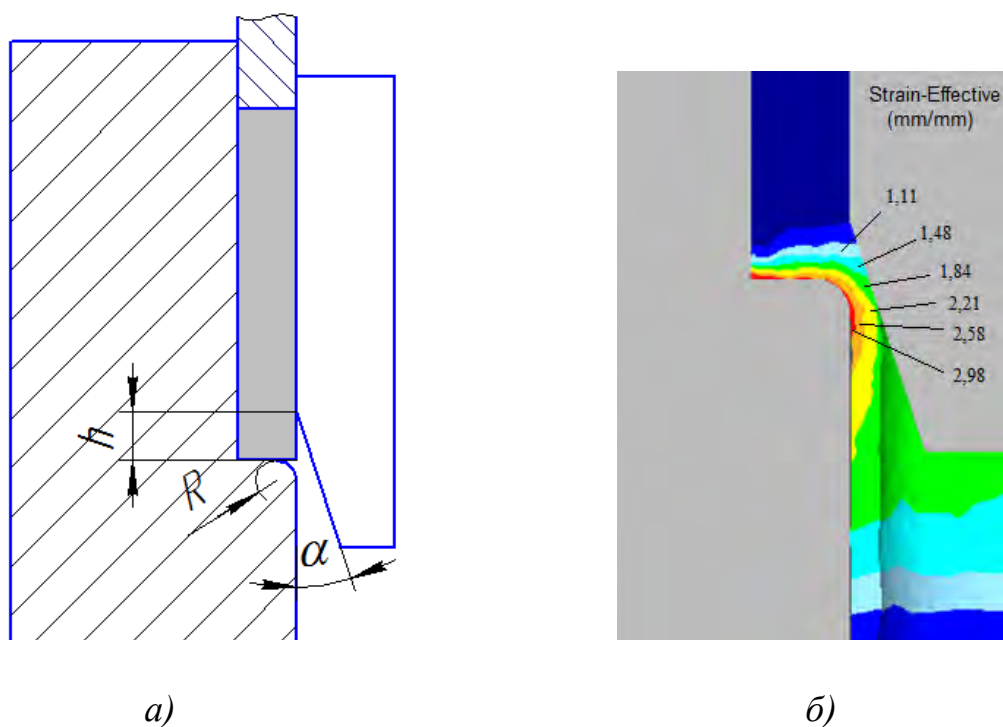


Рисунок 1 – а) схема радиально-прямого выдавливания с обжатием  
б) картина распределения деформаций конечно-элементной модели в DEFORM

Планированием компьютерного или физического эксперимента можно получить коэффициенты уравнения регрессии и произвести статистическую обработку и оптимизацию полученных данных и зависимостей. В данном случае необходимо получить зависимости давления и силы выдавливания от геометрических параметров матрицы и оправки (радиус матрицы  $\bar{R}$ , зазор между оправкой и матрицей  $\bar{h}$ , угол оправки  $\alpha$ ) (рис. 1,а). Таким образом, исследуется трехфакторная модель. Варьирование значений высоты зазора между оправкой и матрицей находилось в диапазоне  $h=3 \div 5 \div 7$  мм, угла оправки –  $\alpha = 18 \div 23 \div 28$  мм, а радиуса матрицы  $R=1 \div 3 \div 5$  мм.

Моделирование радиально-прямого выдавливания производилось при помощи метода конечных элементов с использованием программного продукта DEFORM (рис. 1, б). Согласно расширенной матрице плана производилось 14 экспериментов с различными параметрами процесса.

По результатам моделирования построены графики зависимости давления выдавливания от величины зазора между оправкой и матрицей. Из графиков, видно, что с увеличением высоты зазора при возрастании угла оправки  $\alpha$  давление деформирования уменьшается (рис. 2, а), а с уменьшением радиуса кромки матрицы, увеличивается.

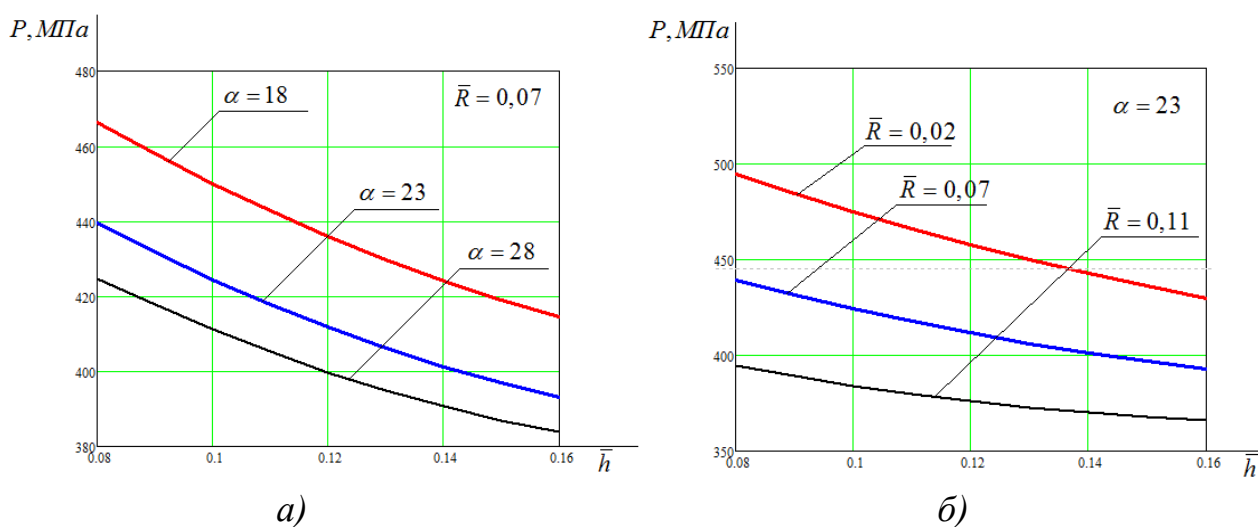


Рисунок 2 - Зависимость давления выдавливания от величины зазора между оправкой и матрицей при изменении а) угла оправки б) радиуса кромки матрицы.

**Литература: 1.** Aliieva Leila. Radial-direct extrusion with a movable mandrel / Leila Aliieva, Yaroslav Zhbakov // Metallurgical and Mining Industry. «International scientific conference «RELIABILITY SAFETY TECHNOLOGIC EQUIPMENT» RSTE–2015». – Dnipropetrovsk, 2015. – № 11. – P. 175–183.

# ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Барандич К.С., Вислоух С.П., Антонюк В.С.  
(НТУУ «КПИ», м. Киев, Украина)

Надежность работы технических средств, детали которых работают в условиях переменных нагрузок в значительной степени зависит от состояния их поверхностного слоя, поскольку усталостное разрушение является причиной выхода из строя более 70% деталей машин. Формирование поверхностного слоя деталей в основном происходит путем обработки резанием, что сопровождается пластической деформацией, нагревом и структурными преобразованиями материала деталей.

Таким образом, образуются поверхностный слой детали с определенными по знаку и величине остаточными напряжениями, глубиной и степенью наклепа, а также шероховатостью поверхности, значение которых существенно влияет на усталостные свойства материала детали.

Точение, как метод финишной обработки, имеет ряд преимуществ, перед традиционными финишными методами обработки, заключающиеся в формировании качественной обработанной поверхности.

Таким образом, актуальным является задача создания методики технологического обеспечения максимальных значений циклической долговечности материала детали и производительности ее обработки, путем определения оптимальных режимов токарной обработки.

Поставленная задача решена посредством проведения усталостных экспериментальных исследований образцов из стали 40Х 4543-71. Токарную обработку осуществляли на токарном обрабатывающем центре HAAS ST20 резцом PVVNN 2525M-16Q с режущей пластинкой из кубического нитрида бора VBGW 160404T00815SE без охлаждения. При этом глубина резания была неизменной  $t = 0,3$  мм, подача и скорость резания изменялись от 0,08 мм/об до 0,12 мм/об и от 80 м/мин до 180 м/мин соответственно. Испытания на усталость проводили согласно ГОСТ 25.502-79 на испытательной машине МУИ-6000 при частоте 2000 об/мин.

В результате обработки экспериментальных данных количества циклов до разрушения с учетом фактического напряжения цикла методами регрессионного анализа данных получена математическая зависимость циклической долговечности от режимов токарной обработки и напряжения цикла с доверительной вероятностью 0,95 по F-критерию Фишера:

$$N(S, V, \sigma) = e^{(14.437 + 0.0048V + 13.006S - 13.19\sigma + 0.002VS - 0.002V\sigma - 5.941S\sigma + 0.0000004V^2 + 2.929S^2 + 3.013\sigma^2)}, \quad (1)$$

где  $S$  – подача инструмента за один оборот шпинделя, мм/об;  $V$  – скорость резания, м/мин;  $\sigma$  – напряжение цикла, МПа.

Данная зависимость (1) позволила на основе методики многокритериальной оптимизации сформировать комплексную целевую

функцию, которая состоит из двух частных критериев – циклической долговечности и производительности процесса токарной обработки:

$$C(S, V, \sigma) = \left( \alpha_1 \cdot \left( \frac{N(S, V, \sigma) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \right) + \alpha_2 \cdot \left( \frac{\Pi(S, V) - \Pi_{\min}}{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}} \right) \right), \quad (2)$$

где,  $\alpha_i, i=1,2$  – коэффициенты, определяющие важность каждого частного критерия, значение которых являются оценками экспертов;  $N_{\min}, N_{\max}$  – минимальное и максимальное значение циклической долговечности;  $\Pi(S, V)$  – производительность чистовой токарной обработки, 1/мин.;  $\Pi_{\min}, \Pi_{\max}$  – минимальное и максимальное значение производительности.

Напряжение цикла для наиболее опасного конструктивного элемента детали с учетом условий эксплуатации определялось с помощью метода конечных элементов. Для возможности использования данной методики для других материалов группы конструкционных легированных хромистых сталей предложено учитывать реальные свойства исследуемого материала путем определения относительного коэффициента обобщенных характеристик конструкционного материала  $K_g$  на основе методов факторного анализа данных.

При этом целевая функция приобретает вид:

$$C(S, V, \sigma) = K_g \left( \alpha_1 \cdot \left( \frac{N(S, V, \sigma) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \right) + \alpha_2 \cdot \left( \frac{\Pi(S, V) - \Pi_{\min}}{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}} \right) \right). \quad (3)$$

Оптимальные технологические параметры токарной обработки деталей, которые обеспечивают максимальные значения циклической долговечности материала детали и продуктивности ее обработки, определялись путем оптимизации комплексной целевой функции (3) методом скользящего допуска. При этом учитывались ограничения по: подаче, скорости резания, силе и мощности резания, точности обработки, стойкости инструмента и шероховатости обработанной поверхности.

Так, решение задачи оптимизации с использованием предложенной математической модели позволило определить условия и режимы токарной обработки детали из стали 40Х ГОСТ 4543-71, работающей в условиях циклических нагрузок. При этом методом конечных элементов определено напряжение цикла – 400 МПа. В результате оптимизации комплексной целевой функции получено значение режима обработки (подачи  $s=0,12$  мм/об; скорости резания  $V=170$  м/мин и глубины резания  $t=0,3$  мм), который обеспечивает максимальное значение циклической долговечности материала детали и наибольшую производительность обработки.

Решение задачи технологического обеспечения максимальных значений циклической долговечности материала детали и производительности ее токарной обработки путем определения оптимальных режимов резания позволяет учесть возможности используемого оборудования и инструмента, точность размеров обработанной поверхности, ее шероховатость, а также реальные свойства исследуемого материала при известной эксплуатационной нагрузке.

## ВЫБОР РЕЖИМА НАГРЕВА НАПЛАВЛЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**Бережная Е.В.**

(НТУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Изнашивание деталей, рабочих органов и инструмента является закономерным процессом, неизбежно сопровождающим работу машин, механизмов, промышленного оборудования и представляющим одну из форм их физического старения. Поэтому актуальной задачей является повышение эксплуатационной стойкости быстроизнашивающихся деталей за счет применения технологий комбинированной обработки. Целью работы является выбор теплового режима нагрева при обработке восстановленных цилиндрических деталей токами высокой частоты. Принимали режим нагрева с постоянной удельной мощностью  $p_0$ , что определяется требованием ограничения роста температуры нагрева поверхностного слоя восстановленного изделия толщиной 0,4-0,5 мм не превышающим  $50^\circ\text{C}/\text{с}$ . При температуре выше  $800^\circ\text{C}$  удельное сопротивление  $\rho$  различных марок сталей практически одинаково и приблизительно равно  $\rho = \rho_k = 10^{-6}$  Ом·м. Магнитная проницаемость составляет  $\mu = 1$ . Глубина проникновения тока в заготовку:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_0\mu}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}},$$

где  $\omega = 2\pi f$ ,  $\omega$  и  $f$  – соответственно угловая и линейная рабочая частота тока индуктора;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  – магнитная проницаемость вакуума.

Горячая глубина проникновения тока при  $\mu = 1$ :

$$\Delta_k \approx 0,503 / \sqrt{f}.$$

В наиболее общем случае нагрева глубинного типа, в поверхностном слое изделия, нагретом выше точки магнитных превращений, плотность тока, а значит и мощность, снижаются медленно. Поэтому при тепловых расчетах распределение плотности тока заменяли его постоянным значением в пределах слоя глубиной:

$$\zeta = \Delta_k \cdot M; \quad M = \frac{1}{\sqrt{2K \cos \varphi}},$$

где  $\zeta$  – глубина активного (в отношении выделения тепла) слоя;  $x_k$  – глубина слоя, нагретого выше температуры магнитных превращений;  $K$  и  $\varphi$  зависят от отношения  $x_k/\Delta_k$  и относительной магнитной проницаемости материала  $\mu$ .

Условие получения глубинного типа нагрева примет вид  $\Delta_k > x_k$ , причем верхняя граничная частота  $f_b$  применительно к рассматриваемой задаче составляет 12-15 кГц. При длине нагреваемой части изделия  $a = 2,125$  м и времени нахождения в индукторе  $t_k = 42,5$  с значение поверхностной температуры  $T_0$  достигается за время  $t = 0,15t_k$ . Таким образом, скорость роста поверхностной температуры составляет  $T_0/t \approx 200^\circ\text{C}/\text{с}$ , что неприемлемо по условиям поставленной задачи. Время  $t$  достижения заданного значения поверхностной температуры  $T_0$  увеличивается при снижении удельной мощности  $p_0$ , передаваемой в заготовку. Частным случаем режима нагрева глубинного типа является закалочный режим, причем, цилиндрические образцы малых и средних диаметров показывают наибольшую прочность, если глубина закаленного слоя удовлетворяет соотношению  $x_k/D_2 = 0,05-0,1$ . Следовательно, в качестве наиболее выгодного режима нагрева выбрали нагрев глубинного типа с постоянной удельной мощностью.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГРАММИРОВАНИИ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ТОРГОВЛЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ТОВАРАМИ

**Богданова Л. М., Завгородний В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В ближайшем будущем интернет-магазины смогут усовершенствовать систему поиска товаров с помощью искусственного интеллекта. Искусственный интеллект попытается определить предпочтения пользователей исследуя их поведение. В будущем покупки можно будет совершать в шлеме виртуальной реальности.

Компания Alibaba расширила ассортимент облачных сервисов для предприятий, введя в действие платформу аналитики DT PAI. Основное назначение нового сервиса извлечение необходимой информации из профайлов клиентов. Salmon Ltd прогнозирует, что заказывать товары первой необходимости будет не только дом, но и автомобиль. Например, если шины износились, бортовой помощник сделает заказ на доставку новых. Программы примитивного искусственного интеллекта, по ожиданию Salmon, смогут анализировать профили друзей в социальных сетях и предлагать пользователю купить конкретный подарок, исходя из предпочтений приятеля. Все, что нужно будет сделать человеку, - это опять-таки нажать "ок".

В докладе поясняются особенности интернет-магазина по продаже металорежущего инструмента с использованием технологий искусственного интеллекта. Покупателю, выбравшему модель станка, программа предлагает список металорежущих инструментов, близких по характеристикам к выбранному. Список составляется на основе анализа технических характеристик инструментов и предпочтений пользователей ранее делавших подобные заказы.

На сегодняшний день одним из подходов разработки рекомендательных систем является использование методов коллаборативной фильтрации (КФ). Основная идея алгоритмов коллаборативной фильтрации заключается в предложении новых элементов для конкретного пользователя на основе предыдущих предпочтениях пользователя или мнения других единомышленников пользователя [1].

Таким образом, торговля во многом измениться. Во-первых, клиенты надолго привяжутся в предпочтении к одному бренду. Во-вторых, продвижение товаров с помощью поисковой оптимизации не будет играть никакой роли. Ведь ее инструменты планировались под человека, а не под алгоритм, способный за секунду обработать предложения сотни брендов, тысячи магазинов и выбрать наиболее подходящий.

Литература: 1. 8. Гомзин А. Г., Коршунов А. В. Системы рекомендаций: обзор современных подходов // Труды ИСП РАН. 2012. №. Электронный ресурс: <http://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-rekomendatsiy-obzor-sovremennyh-podhodov>

# ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ПОТУЖНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ЕКСКАВАТОРА

Буханцов Д.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним з найпоширеніших методів розробки корисних копалин відкритим типом, являється використання одноковшових екскаваторів. Більшість закордонних підприємств мають великий досвід в створенні потужних екскаваторів (прямої та зворотної лопати) з місткістю ковша більш ніж  $10 \text{ м}^3$ . Вітчизняні підприємства в цій галузі лише починають свої перші розробки, тому дослідження питань впливу кінематики та силових параметрів гідравлічних машин, мають первинне значення. Інтерес викликає характер зміни кінематичних характеристик гідроциліндрів механізмів роботи екскаватора в процесі копання. Розробивши розрахункову схему, аналізуємо її.

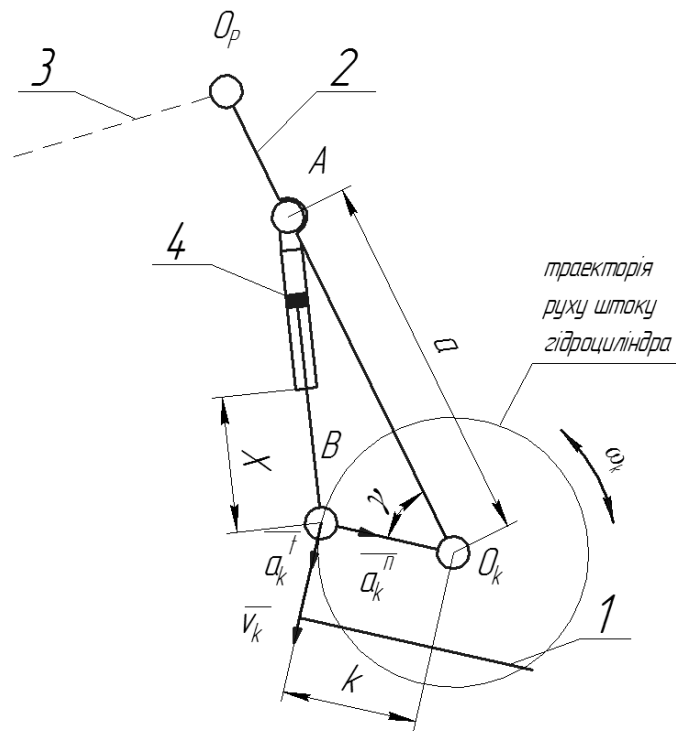


Рисунок 1 – Розрахункова схема механізму повороту ковша:  
1- ковш з вантажем; 2-рукоять; 3-стріла; 4-гідроциліндри

Підсумками даної роботи є вивід залежності ходу штоку від параметрів системи  $x_k = \sqrt{k^2 + a^2 - 2ak\cos\gamma} - a + k$ . Аналізуючи дану залежність можна

отримати оптимальні кінематичні параметри механізму повороту ковша.

**Література:** 1. Машины для земляных работ / Под ред. Ю.А. Ветрова. – К.:Вища школа, 1981. – 384 с. 2. Машины для земляных работ: Учебник / Гаркави Н.Г., Аринченков В.И., Карпов В.В. и др.; под ред. Н.Г. Гаркави. – М.: Высш.школа, 1982. – 335 с., ил. 3. Проектирование машин для земляных работ / Под ред. А.М. Холодова. – Х.: Вища школа, 1986. – 272 с.



# **РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА СКЛАДАННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО БРОНЮВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ І ПЕРЕСУВНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗМІННИМ РІВНЕМ ЗАХИСТУ**

**Васильченко Я.В., Клименко Г.П., Ковальов В.Д., Лішенко О.М., Зелік М.С.**  
*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Аналіз тенденцій розвитку конструкцій та технології виготовлення об'єктів військового призначення показує, що поряд із суцільним бронюванням об'єкту, окремі, найбільш вразливі частини, потребують додаткового бронювання. Для цього використовують додаткові елементи, які становлять невід'ємну частину об'єкту бронювання, тобто є сталими та мають постійні властивості. Реальні обставини, за яких проходять бойові дії та досвід АТО показують, що існує нагальна потреба в додаткових масових системах бронювання, причому таких, які можуть оперативно та легко монтуватися, зніматися, трансформуватися, відновлюватися та, за потреби, встановлюватися на іншому об'єкті військового призначення. Такі системи повинні складатися з елементів з різних матеріалів та їх шарів, мати різні, в тому числі невеликі розміри, мати з'єднання, які дозволяють утворювати з цих елементів захисні конструкції, що відрізняються за формою та розмірами, і таким чином мати змінний, необхідний в конкретних обставинах, вид та рівень захисту.

Важливим показником техніко-економічної ефективності перспективних систем оперативного бронювання у порівнянні з традиційними металевими броньованими структурами є зменшення вартості та можливість використання доступних матеріалів вітчизняного виробництва.

Аналіз стану проблеми показує, що технологія виготовлення та складання конструкцій і систем броньованого захисту має ключове значення з точки зору забезпечення гарантованого рівня міцності та надійності в умовах інтенсивного імпульсного та ударного навантаження.

Метою роботи являється розробка конструкцій і технологій виготовлення та складання комбінованих систем оперативного бронювання стаціонарних і пересувних військових укріплень та транспортних засобів із змінним рівнем захисту із застосуванням міцних елементів з металевих, керамічних та композитних матеріалів та їх відходів

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЯЖЕЛОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ

**Васильченко Я.В., Ковалев В.Д., Лищенко А.Н.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Эффективность эксплуатации станков с ЧПУ во многом определяется их правильным технологическим использованием – рациональным построением технологического процесса и, в частности, выбором режимов резания, обеспечивающих увеличение надежности и производительности обработки.

Увеличение надежности обработки при использовании предельных глубины резания и подачи может быть достигнуто путем устранения технологических перегрузок, возникающих обычно в момент врезания и выхода инструмента из зоны резания. Производительность и надежность повышают также путем рационального выбора скорости резания.

Оптимизация процесса точения происходит не только в направлении повышения скорости снятия металла, но и с целью повышения контролируемости процесса, что, в конечном итоге, сказывается на качестве обрабатываемых деталей и надежности всей работы.

Целью работы является поиск решений для обеспечения удовлетворительного стружкообразования в процессе токарной обработки крупногабаритных деталей.

Это особенно важно при высоких режимах обработки на тяжелых станках с ЧПУ, когда в единицу времени образуется большой объем стружки и необходимо обеспечить безостановочную работу оборудования, безопасность оператора и не допустить повреждения обрабатываемой детали.

На образование стружки большое влияние оказывают главный угол в плане и радиус при вершине инструмента. При уменьшении главного угла в плане толщина стружки уменьшается, а ее ширина растет. Направление схода стружки также изменяется, обычно в лучшую сторону, так как увеличивается шаг спирали. Форма и направление схода стружки также изменяются в зависимости от глубины резания и радиуса режущей кромки.

Большая глубина резания уменьшит влияние радиуса при вершине и увеличит действие главного угла в плане на направления схода спиральной стружки. Величина подачи также влияет на ширину поперечного сечения стружки и на направление схода.

Способ стружколомания частично зависит от геометрии пластины и инструмента, и от режимов резания. Любой из видов стружколомания может приводить к нежелательным последствиям, но их можно избежать, выбрав соответствующие геометрию и режимные параметры. Современные сменная пластина представляет собой сложное сочетание углов, плоскостей и радиусов для обеспечения оптимального стружкоформирования в процессе резания.

Таким образом, осуществление контроля за стружкообразованием происходит посредством комбинации геометрии пластины и режимов обработки.

## МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДОСПЛАВНИХ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ЗА РАХУНОК ОБРОБКИ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

**Васильченко Я. В., Шаповалов М. В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Ресурс різального інструменту значною мірою визначає ефективність процесу металообробки. При обробці на важких верстатах існує проблема виходу з ладу інструменту, пов'язаному не тільки із зношуванням різальної пластини, а й з недостатнім опором руйнуванню типу викришування та відколювання. Тому збільшення ресурсу інструменту, оснащеного твердосплавними різальними пластинами, може бути досягнуто за рахунок покращення характеристик робочих поверхонь та показників міцності твердого сплаву. Це, з одного боку, потребує застосування нових технологій як поверхневої, так і об'ємної модифікації інструментальних матеріалів, а з іншого – розвитку методів визначення опору руйнуванню і зношуванню з урахуванням екстремальних умов експлуатації інструмента при обробці на важких верстатах.

Перспективним напрямком розвитку високих технологій в області модифікації матеріалів є обробка імпульсним полем (ОІМП).

Метою роботи є розробка та апробація порівняльної методики оперативної оцінки ефективності модифікації різальних пластин з визначення опору руйнуванню і зношуванню при контактному навантаженні.

Дослідження проводилися у співробітництві з ІПМіц імені Г.С. Писаренка НАН України.

При оцінці пошкоджуваності і опору зносу пластин враховуються також наявність мікротріщин на поверхні зносу, зміна геометрії контртіла в зоні контакту.

Методику застосовано при оцінці впливу ОІМП на опір руйнуванню пластин з ВК8. На токарному верстаті 1К62 було випробувано неперезагострювальні чотирьохгранні квадратні пластини у вихідному стані та після ОІМП за двома різними режимами. Контртілом слугував вал діаметром 47,8мм із сталі 40ХН, що обертався з частотою 800об/хв. Режими: подача супорта – 0,07мм/об, лінійна швидкість 120м/хв, зусилля  $P$ – 150Н, час випробувань становив 6 хвилин. Аналізувались розміри відколів та фасок, що утворились в результаті випробувань.

Отримано, що фаски на пластинах після ОІМП, мають приблизно на 30% меншу площу поверхні, ніж ті, що утворились на пластині у вихідному стані (0,88мм<sup>2</sup> та 0,95 мм<sup>2</sup> порівняно з 1,33мм<sup>2</sup>). Встановлено, що для пластин після ОІМП спостерігається збільшення обох параметрів, які характеризують опір руйнуванню. Для пластин після ОІМП за першим режимом опір розсіяному пошкодженню збільшився на 50%, а опір відколюванню - на 32%. Аналіз пластини, оброблених ІМП за другим режимом, показав зростання параметрів  $P/Sta$   $P/b$  на 40% та 24 % відповідно.

За результатами випробувань зроблено висновки щодо можливості застосування запропонованої методики порівняльної оцінки опору руйнуванню і зношуванню різальних пластин в умовах виробництва та показано, що пластини з ВК8, оброблені імпульсним магнітним полем, мають підвищений опір руйнуванню та зношуванню порівняно із пластинами у вихідному стані.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ РАДІУСА НАРІЗАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ АРОЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

<sup>1</sup>Воробйов С.П., <sup>1</sup>Равська Н.С., <sup>2</sup>Клочко О.О.  
(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

При нарізанні циліндричних абочних зубчастих коліс радіусом, що наближається до нескінченності абочне зубчасте колесо не буде відрізнятися від прямокутного і відповідно матиме тотожні характеристики.

Однак при зменшенні радіуса нарізання лінія зуба абочного колеса матиме кут нахилу, що характерно для косозубих, шевронних зубчастих коліс. Кут нахилу лінії зуба циліндричного абочного зубчастого колеса буде змінюватись від нуля у середньому перерізі і зростає по мірі віддалення до торця колеса. Відповідно, при зменшенні радіуса нарізання буде збільшуватись кут нахилу лінії зуба, а отже і коефіцієнт осьового перекриття. Тому, при зменшенні кривизни арки зуба буде підвищуватись плавність роботи передачі та збільшуватись кількість пар зубів, що одночасно знаходяться в зачепленні.

Проте, при зменшенні радіуса нарізання виникають проблеми з проектуванням та виготовленням інструменту. На рис. 1 показано мінімальний радіус кривизни арки зуба.

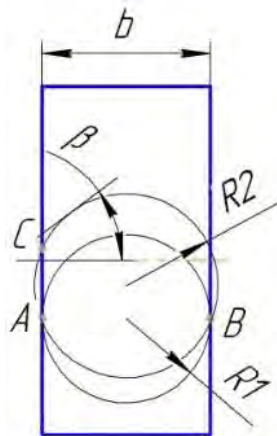


Рисунок 1 - Радіус нарізання абочного зуба

З рис. 1 видно, що при рівності ширини зубчастого колеса та діаметра нарізання або  $R1=0,5B$ , у точках А і В різання не буде, оскільки торці зубчастого колеса будуть дотичними до кола радіуса  $R1$ . При збільшенні радіуса до  $R2>0,5B$ , слід забезпечити зазор, щоб різець головки міг вільно проходити вздовж торцевої площини заготовки. Тому мінімальна величина радіуса нарізання визначається за формулою (1)

$$R_{\min} = 0,5B + S + 2n, \quad (1)$$

де  $S$  – товщина різця, мм;

$n$  – технологічний зазор, вибирається за конструктивними міркуваннями, мм.

Окрім того, при зменшенні радіуса у точці С будемо спостерігати утонення стінки між западиною зуба і торцем колеса ввігнутої частини зуба. Тому цю частину зуба необхідно перевіряти на міцність під дією навантаження.

Отже, змінюючи радіус нарізання абочного зубчастого колеса у встановленому діапазоні можна керувати параметрами зубчастого колеса та передачі для різних умов експлуатації.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ РАДИАЛЬНО-ПРОДОЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Гончарук К.В., Корденко М.Ю.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Стержневые детали с фланцем и осевым отростком являются весьма распространенными в приборо- и машиностроении. Более производительной представляется технология комбинированного выдавливания, сочетающая способы радиального и продольного (обратного или продольного) выдавливания. При этом в зависимости от типоразмера изделий применяют ту или иную комбинацию способов выдавливания.

Для проверки теоретических расчетов (метод конечных элементов) комбинированного радиально-прямого выдавливания, проведено ряд экспериментов (рис. 1, а). Эксперименты проводились с использованием материала АД31 на испытательной машине МС-500 в универсально-переналаживаемом штампе. Использовалась цилиндрическая заготовка с диаметром 45 мм и высотой 28 мм. Изменение значения высоты фланца выдавливаемой детали находилось в диапазоне  $h=5 \div 7 \div 9$  мм, изменение диаметра отростка –  $2R_0=16 \div 21.2 \div 28$  мм. Коэффициент трения  $\mu=0.08$  достигался за счет использования козьего жира как технологической смазки.

По результатам экспериментальных и теоретических данных построен сравнительный график зависимости приведенного давления выдавливания от относительного радиуса отростка (рис. 1, б).

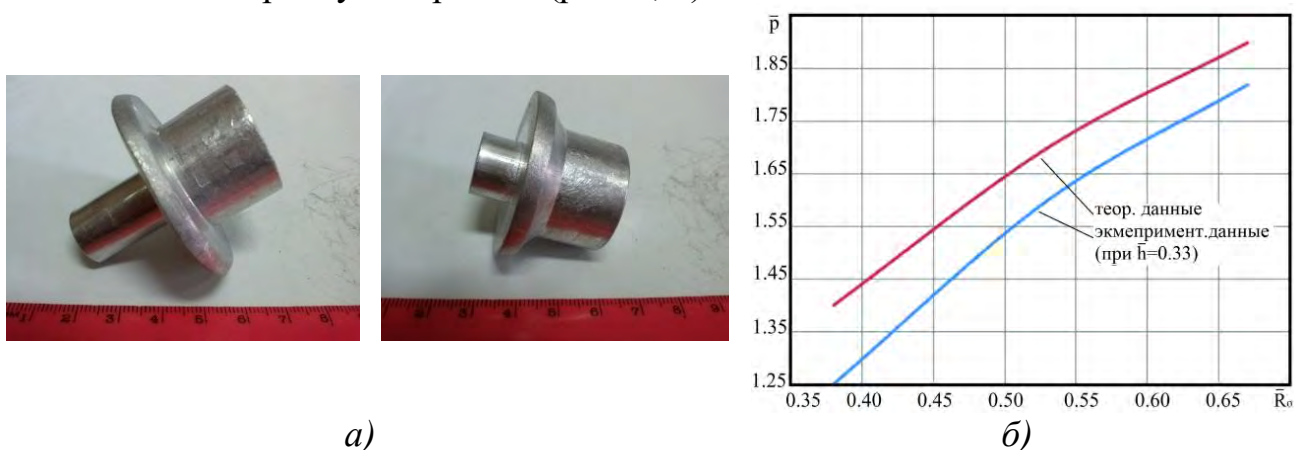


Рисунок 1 – а) детали, полученные комбинированным выдавливанием  
б) график зависимости приведенного давления выдавливания от относительного радиуса отростка  $h=7$  мм

## Выводы

После сравнения теоретических данных с экспериментальными, было установлено, что теоретические расчеты на 5 – 12% превышают значения, полученные при лабораторных экспериментах. Принятые теоретические допущения подтверждены экспериментально.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОКАРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЛИТКОРАЗРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Гузенко В.С., Мироненко Е.В., Миранцов С.Л., Шторгин Д.Г., Мокляк А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для токарной обработки на тяжелых токарных станках наиболее сложными видами обработки являются операции отрезки, прорезки пазов, поперечное врезное точение. Для слиткоразрезных станков экспериментальные исследования должны включать выявление частот наиболее интенсивных относительных колебаний инструмента и заготовки, ограничивающие возможности станка по производительности, анализ поведения системы на этих частотах – определение собственных частот и форм колебаний и выявление параметров, оказывающих наибольшее влияние на динамическую жесткость системы.

В работе ставилась задача провести исследования слиткоразрезных станков с целью выявления основных причин низкой виброустойчивости, а также определения режимов обработки, обеспечивающих безвибрационную обработку при максимальной производительности. Цель исследования выявить основные причины низкой виброустойчивости, а также найти режимы, обеспечивающие безвибрационную обработку при максимальной производительности.

Проведенные испытания выявили следующие закономерности:

- частота колебаний одинакова для вертикальной и горизонтальной плоскости и не зависит от величины возмущения – подачи;
- интенсивность колебаний в горизонтальной плоскости меньше чем в вертикальной.

Моделирование колебаний детали при изменении диаметра  $d$  в диапазоне от 150 до 590мм позволило установить, что частота колебаний детали при этом увеличивается от 33 до 50 Гц (рис.1).

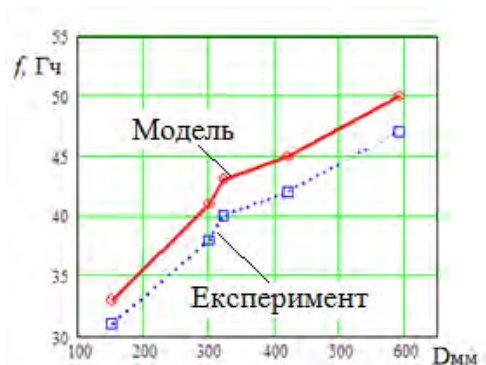


Рисунок 1 - Зависимость частоты колебаний детали от диаметра  $d$ .

Приведенная расчетная схема и математическая модель согласуется с экспериментальными исследованиями при резании слитков и могут быть рекомендованы для проектирования и исследования станков, работающих при больших нагрузках на привод главного движения, которые вызывают крутильные колебания.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

**Данильченко М.А.**

*(НТУУ "КПИ", г. Киев, Украина)*

Точность обработки на металлорежущих станках в значительной степени зависит от динамических свойств их механической системы и условий обработки, которые могут сопровождаться возникновением интенсивных вибраций. Наиболее эффективным методом выявления причин повышенной виброактивности механической системы станка является ее исследование на соответствующих математических моделях. При этом точность математической модели в значительной степени будет определяться адекватностью представления в ней фактически действующих процессов.

В общем случае динамические свойства шпиндельных узлов (ШУ) определяются рядом факторов, связанных с их конструкцией, комплектацией, монтажом и режимом эксплуатации. Поэтому при разработке динамических моделей ШУ нужно рассматривать как состоящую из нескольких подсистем механическую колебательную систему, взаимодействующую с процессом резания. Для этого необходимо учитывать замкнутость упругой системы инструмент-заготовка станка, которая фактически имеет механический характер. Это позволит при расчете динамических характеристик (прежде всего собственных частот) ШУ более точно учитывать его взаимодействие с процессом резания. Учесть фактическую замкнутость системы можно путем представления процесса резания в виде дополнительной упругой связи в месте контакта инструмента и заготовки.

Разработана динамическая модель ШУ как сложной механической колебательной системы с учетом ее взаимодействия с процессом резания. Система «ШУ» состоит из подсистем инструмента, заготовки, шпинделя и корпуса, упруго закрепленного на станине станка. Подсистемы заготовки, шпинделя и корпуса представлены в виде упругих ступенчатых балок с распределенной массой. Подсистема инструмента в виде сосредоточенной массы, упруго закрепленной на станине станка. Связями подсистем являются неподвижные (стыки) и подвижные (подшипники и контакт инструмента и заготовки) соединения, владеющие упругими и диссипативными свойствами. Расчетная модель предусматривает декомпозицию системы и решение системы уравнений совместности деформаций в точках разделения подсистем. Полученные в результате расчета реакции отброшенных связей используются для определения упругих смещений инструмента и заготовки и фактической глубины резания. Для составления уравнений равновесия в точках разделения подсистем используется метод динамических податливостей. Входящие в уравнения равновесия гармонические коэффициенты влияния подсистем определяются с использованием метода переходных матриц. Упругие смещения инструмента и заготовки определяются путем решения канонических уравнений метода сил. Модель характеризуется простым алгоритмом и высокой точностью расчета.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТИПА К-Н-V

**Дорохов Н.Ю.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Кривошипно-планетарные редукторы – известный, однако пока мало распространенный вид зубчатых передач. В основе этого вида передач лежит планетарный механизм типа К-Н-V (по классификации В.Н. Кудрявцева), содержащая ведущее водило, сателлит, зубчатое колесо и механизм восприятия момента, с внутренним зубчатым зацеплением с малой разностью в числах зубьев колес. По принципу действия редуктор этого вида близок к волновым передачам, но в нем отсутствует недолговечное гибкое колесо. В этих редукторах часто применяют внецентроидные циклоидальные и цевочные зацепления или эвольвентное внутреннее зацепление с малой разностью в числах зубьев колес (1...3).

Редукторы на основе такого механизма позволяют реализовывать большой диапазон передаточных отношений - от 10 до 300, при малых габаритах, высоком КПД, высокой точности и жесткости. Затормаживая корпус, входной или выходной вал можно изменять передаточные отношения. При передаточном отношении менее 150 редукторы несамотормозящиеся.

Кривошипно-планетарный механизм можно рассматривать как комбинацию планетарного зубчатого механизма и механизма муфты, предназначенной для съема вращательного движения с сателлита или его торможения. Конструктивные разновидности механизма определяются в основном применяемой в нем муфтой. В качестве муфты используются: цевочное зацепление или поводковая муфта, зубчатая муфта, механизм параллельных кривошипов, муфта Ольдгейма, упругие муфты (сильфоны) или карданные валы и шарниры равных угловых скоростей. Конструкция муфты в значительной степени определяет габариты, точность, виброактивность и КПД механизма.

Для большинства конструкций кривошипно-планетарных редукторов отличительными особенностями являются: компактность; высокая нагрузочная и перегрузочная способности (допускает перегрузки по моменту в 5 раз); малый момент инерции валов; низкие шум и вибрации; высокий КПД (70...85%). К недостаткам этих механизмов следует отнести высокую радиальную нагрузку на подшипники быстроходного вала, поэтому КПД таких механизмов ниже, чем других планетарных механизмов, а также повышенную виброактивность некоторых конструкций муфт.

Области применения кривошипно-планетарных редукторов достаточно разнообразны: приводы грузоподъемных машин, манипуляторов, различных станков, приводы радиолокационных антенн и других механизмов.



## УТОЧНЕНИЕ КПД ПОЛИСПАСТА С КРАТНОСТЬЮ ВЫШЕ 6

**Дорохов Н.Ю., Анисимов А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

КПД полиспаста принято выражать через КПД неподвижного блока, с учетом кратности и КПД одного неподвижного блока, значения которого принимают в пределах 0,94...0,98 в зависимости от вида трения в опоре блока и условий эксплуатации.

Однако в практических расчетах в основном используют упрощенную формулу, в которую исходные величины входят в первой степени.

Учитывая постоянное развитие и совершенствование грузоподъемных машин, а также тот фактор, что рекомендации по применению упрощенной формулы были сформулированы более 70 лет назад, возникла потребность пересмотреть правильность подхода к вопросу о методике определения КПД полиспаста, поскольку расхождения в определении мощности привода могут быть значительны, особенно для кранов большой грузоподъемности, и соответственно с полиспастами высокой кратности.

Приняв за основу допущение, что подъем груза осуществляется равномерно, КПД полиспаста предлагается определить как отношение мгновенных мощностей.

Полученные результаты показывают, что при кратности полиспаста 2 формула дает точное значение КПД, сопоставимое с упрощенным подходом. Расхождения возникают при учете изменения направления движения груза, так как соотношения сил изменяются на обратные.

Учитывая полученные выкладки, определены численные значения погрешностей приближенной формулы по сравнению с точными формулами. Диапазон кратностей полиспастов от 2 до 12 охватывает практические значения этого параметра от простейших грузоподъемных талей до буровых установок нефтегазовых промыслов. В расчетах задействован диапазон КПД блока в пределах 0,94...0,98.

Расчеты показали, что погрешность упрощенной формулы КПД полиспаста возрастает с увеличением кратности, и составляет 0,1% для кратности 2; 1,33% для кратности 6; и 7,95% для кратности 12.

Анализ данных показывает, что упрощенная формула КПД полиспаста может быть однозначно рекомендована для полиспастов при кратности до 6, когда погрешности практически не превышают одного процента.

С возрастанием кратности максимальное значение погрешности составляет 3...8%, поэтому упрощенная формула не может быть рекомендована для общего применения в полиспастах при кратности выше 6.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ ДЕВИАЦИЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

<sup>1</sup>Еникеев А.Ф., <sup>2</sup>Субботин О.В.

(<sup>1</sup>УкрГАЗТ, г. Харьков, Украина, <sup>2</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Информационная технология обработки сигнала скорости вращения шлифовального круга в условиях неполной информации состоит из таких вычислительных процедур: выделения сигнала девиаций и представления его ограниченным рядом Фурье; определения действующего значения и его сравнения с эталоном, который установлен программой обработки партии деталей. Если амплитуда возможных микронеровностей превышает уровень, который задан принятым «квалитету» чистоты поверхности детали, то вычислительное устройство анализирует банк данных и формирует сигналы корректировки подачи. В этом случае информационно-измерительная система обеспечит прогнозируемое качество поверхности детали при алмазном шлифовании.

Разработана математическая модель процесса алмазного шлифования на основе метода косвенных измерений микронеровностей поверхности детали с цифровой обработкой сигнала девиаций скорости вращения круга. В результате компьютерного моделирования получен сигнал девиаций скорости вращения шлифовального круга в пределах одного оборота. Амплитудное значение девиаций не превышает 0,05 среднего периода мгновенной скорости вращения шлифовального круга.

Разработаны аппаратные средства, которые имеют малый интервал неопределенности вокруг номинальной характеристики преобразования. Разработана информационная технология корректировки подачи шлифовального круга на основе методов непосредственного цифрового и по координатного управления, иерархического принципа, косвенных измерений микронеровностей и режущих свойств круга, принципов децентрализации и распараллеливания процессов обработки входящей информации. Доказано, что кинематическая погрешность изготовления первичного преобразователя существенным образом влияет на точность измерений сигнала девиаций скорости вращения шлифовального круга.

На основе минимизации квадратичного критерия качества с использованием эталонных математических моделей аппаратных средств с известным запаздыванием разработаны устройства обработки сигналов. Разработано информационно-измерительное устройство, реализующее метод аппаратной компенсации кинематической погрешности.

В результате статистической обработки опытных данных с использованием информационного подхода определена энтропийная погрешность устройства и установлена его эффективность.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ РАСКРЫТИЯ МАТРИЦЫ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ В РАЗЪЕМНЫХ МАТРИЦАХ

Ерёмина А.А., Попов А.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В процессе штамповки в разъемных матрицах очень важным технологическим фактором является усилие, которое необходимо прикладывать для предотвращения раскрытия полуматриц. Для определения значения раскрывающего усилия или получения его зависимости от других параметров процесса штамповки проводились различные исследования.

Целью настоящего исследования является исследование формоизменения заготовки в процессе штамповки и исследование напряженно-деформированного состояния структуры поковки при штамповке, с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в среде Qform 2D. Для проведения исследования были выбраны три образца из материала АМцМ. Схема процесса и график зависимости усилия раскрытия от угла наклона представлена на рис. 1.

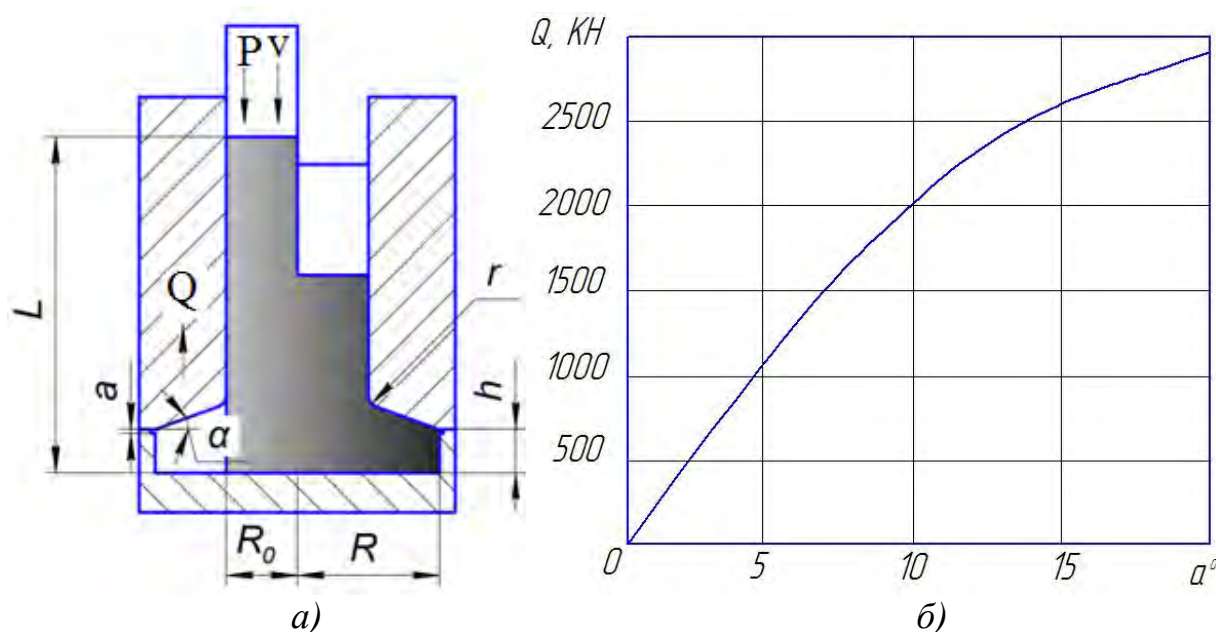


Рисунок 1 – а) схема процесса радиального выдавливания  
б) график зависимости усилия раскрытия матриц от угла наклона

## Выводы

Проведено моделирование процесса штамповки цилиндрической заготовки с целью установления оптимального угла наклона при выдавливании. Исследованию подвергались три образца с одинаковыми диаметрами заготовки, и использовались три матрицы с различными углами наклона каналов:  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha = 20^\circ$ . В то же время наибольшее усилие процесса наблюдается при наклоне фланца  $\alpha = 20^\circ$ .

# ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СЕКЦІЙНИХ ШАХТНИХ ЛОКОМОТИВІВ

**Зіборов К.А.**

(ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ, Україна)

Застосування модульного принципу побудови локомотивів дозволяє створювати локомотиви різної зчіпної маси з різними видами енергопостачання і вимагає відповідного наукового обґрунтування.

Мета роботи - обґрунтування модульної компоновки і основних принципів побудови сімейства шахтних локомотивів.

Встановлення залежностей між конструктивними параметрами і динамічними характеристиками шахтних локомотивів різних компоновальних схем може бути виконано на відповідних динамічних і математичних моделях з використанням сучасних комп'ютерних технологій і зводиться до проведення різноманітних розрахунків багатомасової системи при вихідних чисельних значеннях її параметрів (рис.1) [1].

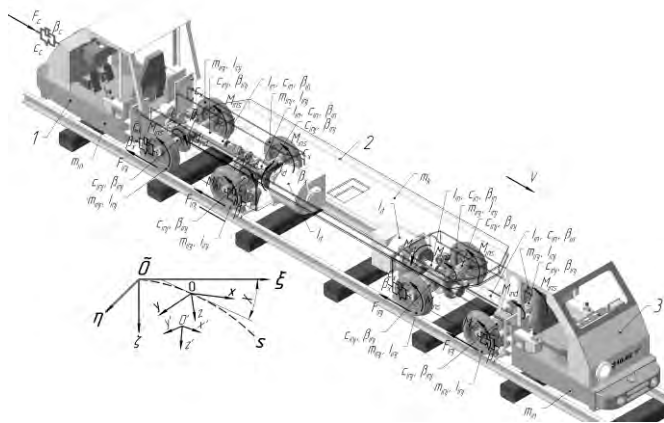


Рисунок 1 - Розрахункова схема для складання рівнянь руху



Рисунок 2 - Шарнірно-зчленований шахтний локомотив E10

Головним принципом побудови сімейства секційних шахтних локомотивів слід вважати модульність, засновану на уніфікованій з механічної частини і тягово-гальмових механізмів тягової секції. Проміжні секції дозволяють створювати важкі спеціалізовані локомотиви, що дає можливість істотно знизити капітальні витрати на проектування і виробництво всього типорозмерного ряду машин, а також зменшити експлуатаційні витрати видобувних підприємств (рис.2).

Прогнозування динамічних властивостей системи: екіпаж - тяговий привід - шлях для шахтного локомотива виконується за допомогою різних функціоналів якості в залежності від характеру розв'язуваної задачі [2].

**Література:** 1. Ziborov K.A. Applicability of computer simulation while designing mechanical systems of mining rolling stock / K.A. Ziborov, V.V. Protsiv, S.Ye. Blokhin, S.O. Fedoriachenko / Науковий вісник НГУ, №6(138), 2013, с. 55-59. 2. Зиборов К.А. О критериях оптимизации при проектировании шахтных локомотивов с различными компоновочными схемами привода / К.А. Зиборов, Э.М. Шляхов, И.Н. Мацюк // Материалы Международной научно-практической конференции «Современное машиностроение, наука и образование», СПбГПУ, – СПб.:Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. – С. 260 – 267.

## ПРО ХАРАКТЕР ЗНОШУВАННЯ БАНДАЖІВ ВАЛКОВИХ ПРЕСІВ

**Зіборов К.А., Келбукова С.А.**

(ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ, Україна)

Гранулометричний склад і наявність великої кількості дрібних фракцій у відходах гірничо-металургійного виробництва не дозволяють використовувати їх в промислових агрегатах без спеціальної підготовки, що полягає в окускуванні. Перспективним методом окускування є брикетування, яке дозволяє шляхом пресування отримувати міцні шматки однакових розмірів, маси і форми, вводити в сировину різні компоненти і, тим самим, формувати його оптимальний склад.

Мета роботи - збільшення продуктивності вальцових пресів для брикетування відходів гірничо-металургійного комплексу України.

Робоча поверхня вальцового преса виконується у вигляді змінних бандажів (рис.1), заміна яких виконується в міру зношування формотворчих елементів [1]. Це збільшує нетехнологічні простой устаткування і знижує продуктивність брикетування. Однією з причин прояви неконтрольованого зношування [2] є процес подачі шихти із завантажувального бункера в зону пресування.



Рисунок 1 - Бандаж зі стандартними формотворчими елементами

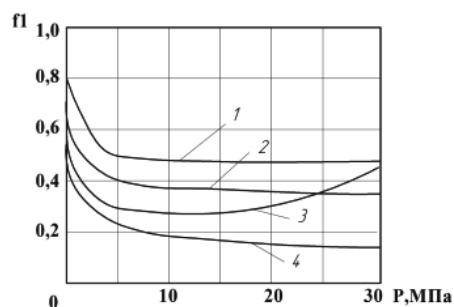


Рисунок 2 - Залежність коефіцієнта зовнішнього тертя від тиску пресування

Характер встановлених залежностей коефіцієнта зовнішнього тертя матеріалу від тиску пресування (рис.2) [2] дозволяє зробити висновки про те, що вальці преса найбільш схильні до зношування на етапі попереднього стиснення шихти (початкова деформація), коли відбувається пошарове переміщення матеріалу, в тому числі і по поверхні вальців.

Тому розробка відповідних технічних пристроїв дозволить вирішити задачу управління рівнем шихти в зоні пресування, вирівнювання потоку матеріалу за шириною бандажа преса, забезпечення рівномірного заповнення шихтою всієї порожнини кожного формотворчого елемента бандажа.

**Література:** 1. Зіборов К.А. Механізм подачі шихти при брикетировании на вальцовых прессах / К.А. Зіборов, Г.К. Ванжа, Е.В. Максименко, А.И. Прокопенко / Науковий вісник НГУ, №1(127), 2012, с. 74-78. 2. Носков В.А. Исследование физико-механических свойств мелкофракционных промышленных отходов, определяющих их роль при брикетировании / В.А. Носков, В.И. Петренко, Б.И. Маймур и др./ Металлургическая и горнорудная промышленность, Днепропетровск, 1998. -№4, с.104-107.

# ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ РЕДУКТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Івановський О.А.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

В цій роботі розглядалась методика підготовки даних необхідних для виконання та оптимізації динамічних досліджень. Сутність цього процесу – є створення цифрових прототипів для визначення жорсткості різноманітних елементів механічних систем.

Метод кінцевих елементів використовує алгоритм аналізу взаємодії прикладених сил к контактної поверхні для взаємодії між ними. При визначенні аналізу механізму використовуємо ротаційно-симетричні тіла з сіткою кінцевих елементів які мають симетрію по відношенню к осі ротації. Для розрахунку використовуємо геометричні примітиви такі як ромб, квадрат чи тетраедр з вузлами у верхньої точці. Для дослідження динамічного аналізу механізму задаємо параметри як: номінальний обертальний момент на вихідному валу, допустиме перевантаження, радіальне консольне навантаження, частота обертання валу та сили які діють на нього. Для визначення допустимих параметрів досліджуваного механізму визначаємо декілька граничних значень завдяки яким визначаємо з використанням методу кінцевих елементів допустимі оптимальні режими заданого механізму. Для кожного кінцевого елемента створюється апроксимуючий поліном. Ступінь апроксимуючого полінома визначає кількість вузлів, якими потрібен володіти елемент який розраховуємо.

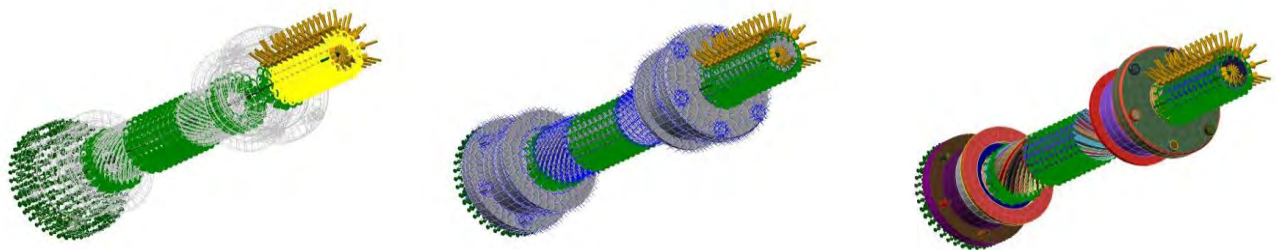


Рисунок 1 - Змодельована параметрична модель методом кінцевих елементів

Після отримання результатів параметричної моделі за допомогою методу кінцевих елементів виконуємо статичну обробку. Таким чином вибираємо силові навантаження, оптимальні моменти обертання.

## **Висновок**

Розроблена методика з застосуванням методу кінцевих елементів яка дозволяє визначити відповідність виробу технічним умовам встановленим для даного механізму, а також можливості використання в умовах які визначаються нормативами. Показано як завдяки методу кінцевих елементів можливо здійснити динамічний аналіз механізму та визначити оптимальні параметри для нього.

## ВЛИЯНИЕ НИТРИДНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СВАРНЫХ ШВОВ

**Кабацкий А.В., Рязанцев А.Д.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При производстве сварных конструкций из высокопрочных закаливаемых сталей одной из главных задач является получение за счет комплексного легирования оптимального сочетания структуры и свойств высокопрочного сварного шва. Установлено, что удовлетворительное сочетание механических свойств сварных швов и их стойкости против трещин при сварке сталей типа 25ГСМ возможно обеспечить посредством модифицирования шва типа 10ХГНМТ малыми количествами ванадия. Это достигается за счет получения металла шва с дисперсной дезориентированной первичной и вторичной структурой, равномерным распределением фаз выделения и неметаллических включений. Найдены также пределы оптимальных концентраций легирующих и модифицирующих элементов, вводимых в металл шва. Вместе с тем, в случае оптимального легирования существует проблема обеспечения стабильности достигнутого эффекта.

Для решения данной проблемы были предприняты дальнейшие исследования по установлению оптимальных параметров модифицирования наплавленного металла. В отдельных работах приводятся данные о благоприятном влиянии на комплекс механических свойств введения в сталь азота в сочетании с нитридообразующими элементами. Как известно, наиболее благоприятной микроструктурой, как в отношении прочности, так и вязкости является игольчатый феррит, что объясняется малыми размерами зерен (1...3мкм), а также большими углами их разориентировки (более 20°). Сопоставление параметров кристаллической решетки феррита и некоторых нитридов показывает, что наиболее эффективными центрами зарождения игольчатого феррита могут являться нитриды ванадия.

Испытания показали, что нитридное модифицирование приводит к получению достаточно высоких стабильных пределов прочности и текучести металла швов при незначительном изменении их пластичности и вязкости, а также стабильно высокой стойкости сварных швов против трещин.

Металлографическое изучение микроструктуры сварных швов показало, что совместное введение в металл азота и ванадия существенно стимулирует измельчение первичных кристаллитов. Вторичная структура таких швов представляет собой смесь структурных составляющих, состоящую из нижнего бейнита и игольчатого феррита с преобладанием последнего (до 70 – 80%). Анализ неметаллических включений показывает, что в наплавленном металле наблюдается равномерное распределение включений, а также их измельчение.

Таким образом, исследования показывают, что управление характеристиками структуры металла посредством добавок азота и ванадия является одним из перспективных способов при определении оптимальной легирующей основы металла сварных швов.

## ОСБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОПЕРАЦИИ СВЕРЛЕНИЯ

**Калафатова Л.П., Тупикина М.В.**  
(ДонНТУ, г. Красноармейск, Украина)

Выбор технологических способов механической обработки труднообрабатываемых хрупких неметаллических материалов типа технических керамик, стекол и ситаллов, обеспечивающих минимальный по глубине и благоприятный по структуре дефектный поверхностный слой изделий, является одним из определяющих факторов эффективности процесса резания. Повышение эффективности их обработки является актуальной задачей, которая может решаться разными технологическими способами. Одним из наиболее распространенных вариантов является использование алмазно-абразивной обработки при формировании наружных и внутренних поверхностей деталей - конструкций из ситаллов, например, антенных обтекателей, используемых в ракетной и авиационной технике, контейнеров для гидрологических приборов, представляющих собой тонкостенные крупногабаритные оболочки. Однако в ряде случаев конструкция деталей названного класса предполагает кроме абразивной обработки наличие операции сверления, используемой для формирования во фланце готовой детали отверстий под крепеж. В существующем производстве сверление может выполняться твердосплавными перовыми или кольцевыми алмазными сверлами. В обоих случаях операция является трудоемкой и может сопровождаться браком уже готовой детали из-за осложненных условий работы инструмента.

С целью повышения производительности и надежности процесса формообразования отверстий может быть использован способ ультразвуковой (УЗ) размерной обработки, реализуемый за счет подачи в технологическую зону смеси абразивных зерен с водой, на которые с ультразвуковой частотой (обычно это  $18+1,35$  и  $22+1,65$  кГц ) ударяет инструмент, профиль которого соответствует профилю образуемого отверстия. Основными параметрами УЗ размерной обработки являются: производительность, качество обрабатываемой поверхности и точность обработки. Производительность ультразвуковой обработки зависит от следующих основных факторов: физико-механических свойств обрабатываемого материала, амплитуды и частоты колебаний, статической нагрузки между инструментом и заготовкой, вида абразива, концентрации суспензии и способа ее подачи в зону обработки, площади инструмента и его износа, материала инструмента. Преимущества УЗ обработки по сравнению с традиционными операциями резания: повышение производительности в 2-3 раза при обеспечении требуемой точности обработки. Дополнительных исследований требует вопрос определения параметров дефектного слоя формируемой поверхности отверстий вдоль их длины, распространяющегося в тело детали, так как съем материала происходит в основном с площадок, расположенных перпендикулярно к направлению колебания инструмента. Наличие в поверхностном слое отверстия дефектов, превышающих размеры исходных дефектов обрабатываемого материала, может отрицательно сказаться на прочности изделия.



# ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМ ПОКРИТТЯМ З НАНОСТРУКТУРОВАНИМИ ШАРАМИ ЗА РАХУНОК ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ ШАРІВ

**Калініченко В. В.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

На основі аналізу впливу механічних характеристик матеріалів наноструктурованих шарів зносостійкого покриття на працездатність покриття була розроблена загальна схема фізичної моделі підвищення стійкості різального інструменту зі зносостійким покриттям з наноструктурованими шарами за рахунок вибору раціонального співвідношення характеристик твердості та пружності матеріалів шарів. Схема наведена нижче на рис. 1.

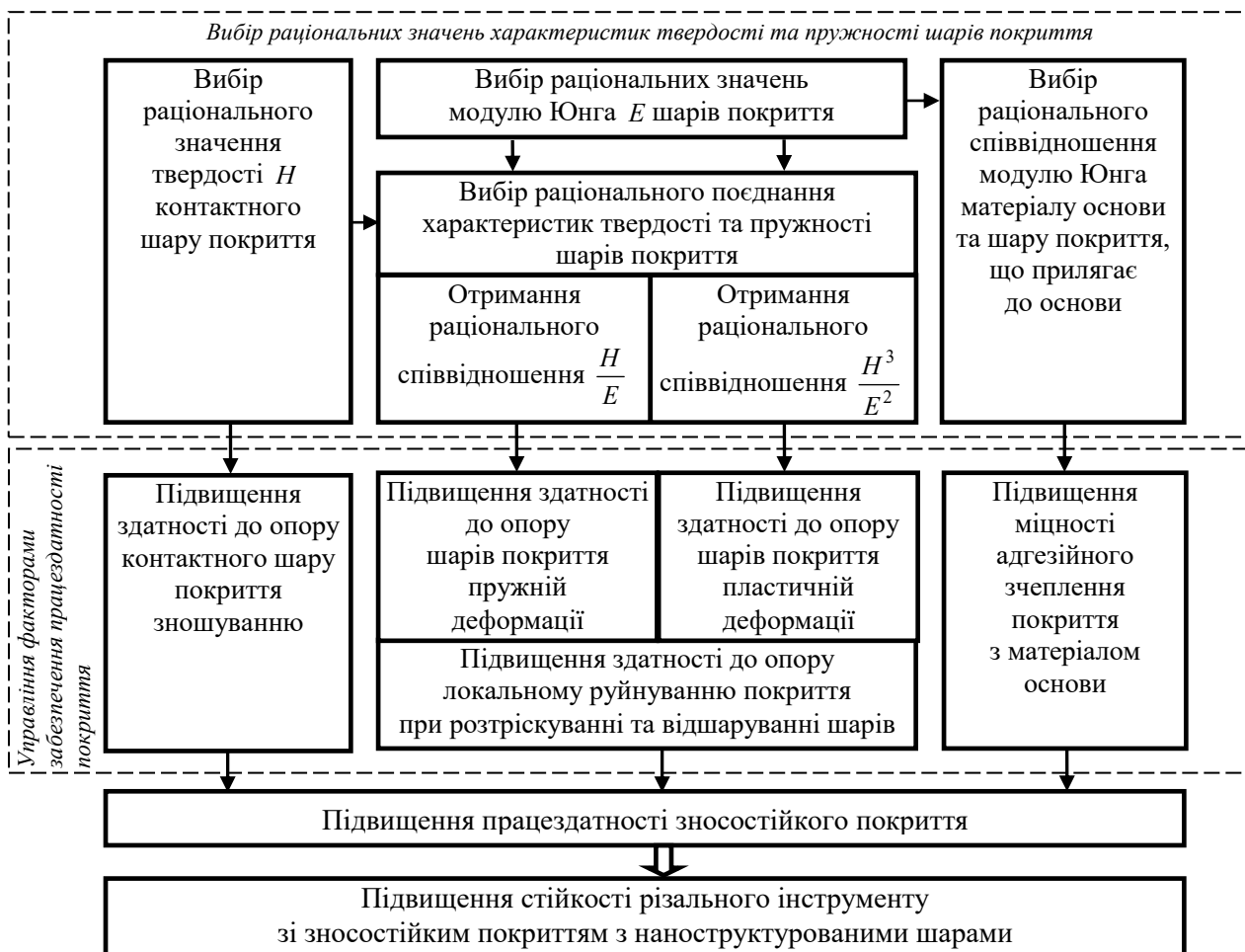


Рисунок 1 – Загальна схема підвищення стійкості різального інструменту зі зносостійким покриттям з наноструктурованими шарами за рахунок вибору раціонального співвідношення механічних характеристик матеріалів шарів

Спрямована зміна механічних характеристик матеріалів наноструктурованих шарів забезпечується модифікацією розмірно-структурних характеристик матеріалу шару при регулюванні режимів нанесення покриття.

## ВИБІР ТЕРМООБРОБКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ КОМБІНОВАНОГО ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ

**Кассов В.Д., Мартиновська О.В.**

*(ДДМА, м Краматорськ, Україна)*

У важкому машинобудуванні застосовують фасонні литі деталі складної конфігурації зі змінною товщиною стінок і великою кількістю потужних розвинених фланців. Останнім часом застосовують спосіб виробництва таких деталей, який полягає в роздробленні їх на окремі елементи меншої ваги і більш простої форми з подальшим їх зварюванням. Із застосуванням таких зварювальних конструкцій представляє велику зацікавленість виготовлення комбінованих деталей, що складаються з лиття і прокату.

Представляє практичний інтерес дослідити міцність зварювального з'єднання в порівнянні з суцільнолитими для конструкцій, що працюють в умовах циклічного навантаження. Була запропонована технологія отримання комбінованого зварного з'єднання. В результаті змін, що відбуваються при зварюванні фізико-хімічних процесів (утворення рідких, а далі твердих розчинів, спільна кристалізація, дифузія в твердому стані, перекристалізація) значно змінюється структура шва і біляшовної зони в порівнянні з металом, що не піддався дії тепла зварювання.

При оцінці міцності з'єднань набуває великого значення структурний стан металу в зоні шва. Зварювали сталеві листи МСт3 і 35Л. Після термообробки по режиму високотемпературного відпуску та низькотемпературного відпалу зварного з'єднання даної композиції, мікроструктура практично не змінилася. Неоднорідність мікроструктури в різних зонах зварного шва призводить до великого розбігу твердості сталі від 122HV до 210 HV.

Це свідчить про досить високу нерівномірність властивостей, що визначає неоднорідний розподіл напружень. Досить висока однорідність структури визначає і підвищення однорідності механічних властивостей, які оцінюються за твердістю шва і біляшовної зони в результаті високотемпературного відпалу. Твердість сталі МСт3 після відпалу дещо знижується, досягаючи 115 HV (до відпалу 122 HV). Твердість литої сталі 35Л - 132 HV. У зоні плавлення зі сталлю 35Л, найбільша виявлена твердість досягає 150 HV, що на 15% вище, ніж твердість основного металу. По мірі переходу від зони сплаву зі сталлю 35Л до сталі МСт3 твердість плавно знижується, і найбільша виявлена твердість у зоні сплаву зі сталлю МСт3 становить 120 HV, що всього на 5% вище твердості основного металу.

Наведений аналіз свідчить про те, що високотемпературний відпал досить повно нівелює структуру і механічні властивості (які оцінюються за твердістю) шва і біляшовної зони.

## БУФЕРНІ ПРИСТРОЇ ЛИВАРНИХ КРАНІВ

Кассов В.Д., Цюпка М.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Буферні пристрої обмежують граничні положення механізму, крану і амортизують поштовхи при зіткненнях кранів. Тому буфери зазвичай забезпечуються пружними деталями з гуми, пружинами або навіть гідравлічними амортизаторами. В залежності від маси крана, вантажу і швидкості пересування крана застосовують дерев'яні, гумові, пружинні та гідравлічні буфери. Дерев'яні буфери застосовують тільки при малих швидкостях та вантажопідйомності. Гумові буферивиготовляють монолітними або складальними з ряду пластин. Вони мають малу віддачу. До їх недоліків відноситься порівняно швидке зношування при частих ударах. Гідравлічні буфериздатні поглинути більшість енергії та працюють без віддачі, вони компактні та мають велику енергоємність. Їх використання обмежено через складність конструкції та необхідності ретельного обслуговування.

Найбільш поширеними є пружинні буферні пристрої. При великих навантаженнях буфер складається з плит, що спираються на декілька пружин. Пружинні буфери відрізняються простотою конструкції, зручністю експлуатації і придатні для роботи при низьких температурах, оскільки сила пружини при цьому практично не змінюється; але вони мають і серйозний недолік, а саме - значну віддачу, оскільки майже уся кінетична енергія, яка сприймається буфером, переходить в потенційну енергію пружини порівняно низька енергоємність та велика довжина, 1 кг пружинної сталі здатен поглинути не більше, ніж 200 Н·м кінетичної енергії.

Розрахунок буферних пристроїв роблять на умову поглинання ними всієї можливої кінетичної енергії крану, який наїжджає, на кінцеві упори або інший кран. Застосування пружинних буферів доцільне, якщо крани або їх візки, на які вони встановлюються, мають швидкості в моменти наїздів не більше 1,16 м/с. Розрахувавши надмірну, кінетичну енергію крану, яка не може бути поглинута буферами за формулою (1) можна визначити навантаження, які сприйматиме кран, при наїзді на кінцеві упори.

$$\Delta E = E - \frac{P_{max} x_{max}}{2}, \quad 1)$$

де,  $P_{max}$  –максимальне зусилля в пружинах буферів;

$x_{max}$  – хід штока буфера;

$E$  – кінетична енергія крану;

Підсумками роботи є отримання значень непоглиненої енергії пружинним буфером. Ці дані надалі можна використовувати для підвищення ефективності та енергоємності буферів, які встановлюються на ливарних кранах, або розгляд більш технологічних конструкцій. Для ливарного крану обраний пружинний буфер, який доцільно використовувати при великій вантажопідйомності та запилених та гарячих цехах.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГРУЗКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

**Клименко Г.П., Пойда А.А.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для создания автоматизированной системы управления механообработкой на конкретном предприятии необходима система контроля загрузки металлорежущего оборудования, разработанная на базе использования современной компьютерной техники.

Описание основных прецедентов диаграммы автоматизированной исполнительной системы (АИС) контроля загрузки металлорежущего оборудования (рис 1)



Рисунок 1 - Диаграмма прецедентов АИС контроля загрузки металлорежущего оборудования

Для создания программного обеспечения контроля загрузки металлорежущего оборудования разработана диаграмма вариантов использования. Цель построения диаграммы – это документирование функциональных требований к системе в общем виде, поэтому они должны быть предельно простые.

Вариант использования есть последовательность действий (транзакций), выполненных системой в ответ на события, которые инициируются действующим лицом. Вариант использования описывает типичное взаимодействие между пользователем и системой и отображает представления о поведении системы с точки зрения пользователя.

Таким образом, разработаны функциональные части системы контроля загрузки металлорежущего оборудования, которая включает диаграмму вариантов использования, модель базы данных, а также программное обеспечение, разработанное с помощью Microsoft Visual Basic 2012.

Visual Basic использовался для облегчения разработки основных алгоритмов лучшей расширяемости приложения, более надежной защиты данных.

Примечание разработанной системы контроля загрузки станков позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР

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

Сборные резцы для восстановления профиля колесных пар имеют свои конструктивные особенности, которые необходимо учитывать при определении эффективности конструкции и ее качества.

Целью работы являлась разработка иерархической системы свойств, составляющих качество сборных резцов для восстановления профиля колесных пар, для количественной оценки эффективности новых конструкций.

Применяя квалиметрический подход к оценке качества конструкции сборных резцов, была разработана иерархическая система свойств, составляющих качество инструмента для обработки колесных пар, которая представлена на рис. 1.

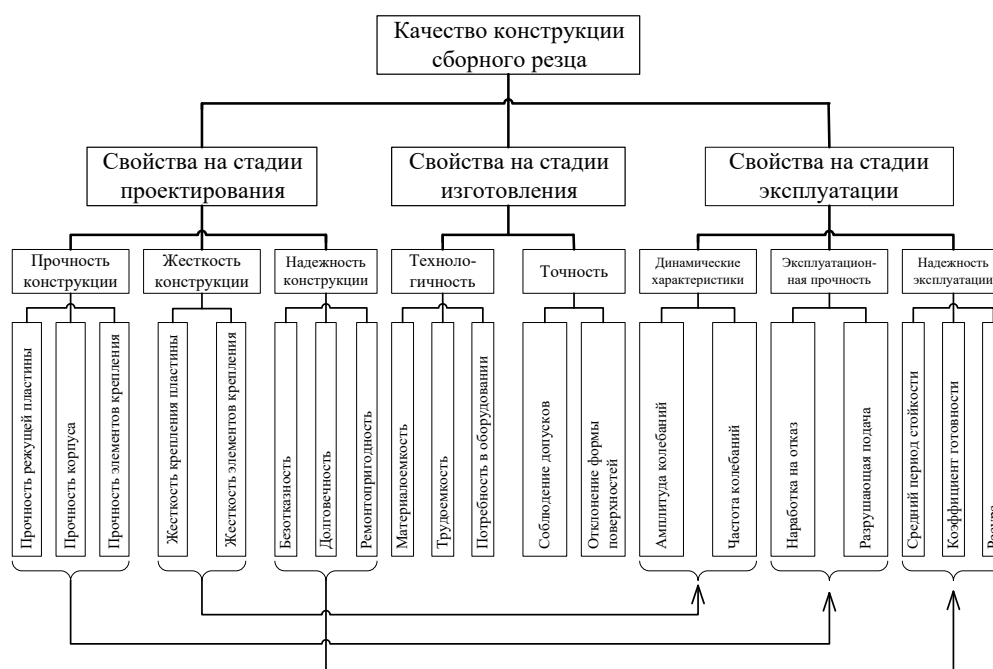


Рисунок 1 – Иерархическая система свойств, составляющих качество сборного режущего инструмента для обработки колесных пар

Для оценки свойств на стадии проектирования (прочность конструкции, жесткость конструкции, надежность конструкции) использовались оценки экспертной группы, состоящей из 7 человек, в которой были представители предприятий (ПАО «КЗТС», локомотивное депо ст. Лиман) и кафедр КМСИТ и АПП ДГМА.

Таким образом, квалиметрический подход к количественной оценке качества конструкций сборных резцов для обработки колесных пар позволил определить уровень качества  $Y_i$  конструкции на основании экспертных оценок и результатов экспериментальных исследований. Расчетами подтверждено, что уровень качества усовершенствованных конструкций сборного чашечного резца и сборного резца с тангенциальным креплением пластины выше уровня качества базовых конструкций в 1,2 и 1,7 раза соответственно.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ

**Клименко Г.П.,Суботін О.В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Робота присвячена підвищенню ефективності використання різального інструменту на важких верстатах шляхом розробки системи управління якістю процесу його експлуатації, визначенню раціональних регламентів експлуатації і розробки загальномашинобудівних нормативів різання.

Існуючі роботи розглядали окремі аспекти експлуатації інструментів, які стосувалися середніх верстатів та не досліджували комплексно весь процес. В ринкових умовах роботи машинобудівних підприємств декілька змінилися умови експлуатації різального інструменту на важких верстатах. Закордонні і вітчизняні джерела літератури свідчать про зростаючий інтерес до оцінки якості різних виробничих процесів. Проте, бракує системних досліджень якості процесу експлуатації інструменту, що дозволяють врахувати різноманітні чинники і їхні зв'язки, що впливають на керуючі параметри.

Під раціональною експлуатацією різального інструмента розуміється процес, при якому, поряд із високою продуктивністю і мінімальними витратами, досягається можливо менший видаток інструменту при заданому рівні його надійності і психофізичного навантаження на верстатника.

На основі використання принципів міжнародного стандарту ISO 9000: 2000 створена модель системи якості процесу експлуатації інструментів на важких верстатах. При побудові структури системи експлуатація інструменту вперше розглядається як сукупність процесів: організаційного, керування ресурсами, обслуговування технологічної системи, підготовчо-інформаційного, процесу обробки деталей і забезпечення зворотнього зв'язку (оцінки, аналізу, удосконалення).

Для кількісної оцінки якості процесу експлуатації використано кваліметричний підхід. Розроблена ієрархічна структура властивостей, що складають якість експлуатації інструменту, містить властивості призначення, що характеризуються цільовими функціями для багатокритеріальної оптимізації якості процесу експлуатації різального інструменту.

Статистичні дослідження якості експлуатації інструментів використовувалися на основі інформаційного банку даних, що нараховує більше 5000 випадків обробки деталей на важких верстатах, які зібрані на заводах різних галузей машинобудування.

Для теоретичних досліджень якості експлуатації розроблені методика і програмне забезпечення для ЕОМ із використанням теорії кваліметрії, а також методика експертної оцінки якості експлуатації інструменту.

Кваліметричний підхід до процесу експлуатації інструменту дав змогу розробити методи кількісної оцінки якості процесу та обґрунтувати структуру підготовчо-інформаційної підсистеми.

## ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА, ОСНАЩЕНОГО ПНТМ НА ОСНОВІ КНБ

**Клименко С.А., Клименко С.Ан., Манохин А.С.**  
(ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна)  
atmu@meta.ua

Аналіз практичного попиту показує, що найбільш ефективними інструментальними матеріалами, що забезпечують обробку виробів з загартованих сталей (45–60 HRC) при швидкостях різання до 3,0 м/с із заданою якістю обробленої поверхні є інструменти, оснащені полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (ПКНБ).

Ефективним методом, що дозволяє зменшити температуру та інтенсивність протікання хімічних реакцій взаємодії зоні контакту є нанесення на робочі поверхні інструменту покриття. Покриття для інструментів із ПКНБ, повинне характеризуватися рядом властивостей: – меншим значенням твердості в порівнянні із інструментальною основою, що забезпечить зниження рівня внутрішніх залишкових напружень та крихкості покриття; – меншим значенням модуля Юнга, що дозволить підвищити пружні властивості покриття та підвищить стійкість робочих поверхонь інструменту до абразивного стирання; – низьким коефіцієнтом тертя для зменшення термобаричного навантаження робочих ділянок інструменту.

Зниження внутрішніх напружень термічного характеру в покритті досягається за рахунок використання матеріалу, який близький за своїм хімічним складом до інструментальної основи, що дозволяє зменшити різницю коефіцієнтів температурного розширення. Відомо, що матеріали в аморфному стані мають більшу структурну однорідність в порівнянні із полікристалічними, тому для зменшення внутрішніх напружень структурного характеру пропонується матеріал покриття в аморфному стані. На основі аналізу складу, властивостей та досвіду використання покриттів із оксидів, нітридів, карбідів різноманітних тугоплавких металів, нано-, полікристалічної структури зроблено висновок, що найбільш повно вище вказаним вимогам відповідає покриття із нітриду бору з аморфною структурою ( $BN_{ам}$ ).

На основі експериментальних даних, отриманих при точінні загартованої сталі, був виконаний розрахунок величини температурних спалахів на контактній ділянці інструменту зі стружкою із врахуванням розподілу сил та площі контакту на пластичні і пружні складові.

Результати розрахунків для інструментів із ПКНБ показали, що зміна величини температурних спалахів має екстремальний характер з максимумом 2036 °C на пластичній та 1044 °C на пружній ділянках контакту.

Проведені розрахунки для інструменту із аморфним покриттям показали, що його застосування дозволяє знизити величину температурних спалахів, як на пластичній (1770 °C) так і на пружній (893 °C) ділянках контакту, але її рівень залишається достатнім для початку хімічних реакцій взаємодії, при цьому вплив покриття проявляється у зменшенні інтенсивності протікання цих реакцій.

Температурні дослідження показали, що застосування покриття  $BN_{ам}$  дозволяє зменшити температуру різання на 15% при зміні швидкості різання та подачі за рахунок зменшення сили різання та довжини контакту стружки із передньою поверхнею інструменту.

Зміна умов контактування, термобаричного навантаження інструменту із покриттям приводить до зміни інтенсивності зношування різального інструменту із покриттям.

Використання інструментів, оснащених ПКНБ із покриттям  $BN_{ам}$ , дозволяє при безударній токарній обробці загартованої сталі ШХ15 підвищити стійкість на 25 % в порівнянні із аналогічним інструментом без покриття.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СУППОРТНОЙ ГРУППЫ НА СТАНИНУ ТЯЖЁЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА

Ковалев В.Д., Антоненко Я.С.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для повышения точности тяжелых токарных станков моделирование несущей системы необходимо производить при комплексном учете характера нагружения. Метод компоновки станин тяжелых токарных станков с системой сил распределенных по координатным осям нагрузок, которые действуют на станок в процессе его работы определяет жесткость многокоординатной упругой системы станка как величину переменную, зависящую от соотношения составляющих  $P_z$  и  $P_y$  силы резания. В работе произведен анализ перемещений станины по координатным осям вследствие нагружения суппортной группой.

Аналоги данного станочного оборудования могут выдерживать силы резания до 200kN и установкой на них суппорта массой 12 тонн. Для проведения испытаний модель составной станины была объединена в монолитную деталь дабы уменьшить требования к вычислительной технике; данное допущение не влияет на результат исследования.

Станина была жёстко зафиксирована по нижней плите основания, на направляющие и на червячную рейку была приложена нагрузка сил резания, а также на направляющие была приложена масса суппорта с распределением нагрузок по осям.

Эпюра напряжений (рис. 1) увеличена 1000 раз, на эпюре наиболее напряжённом местом является червячная рейка а также профильная конструкция на которую она установлена. Опоры направляющих, включающие в себя боковые листы и двутавры испытывают гораздо меньшие усилия деформации.

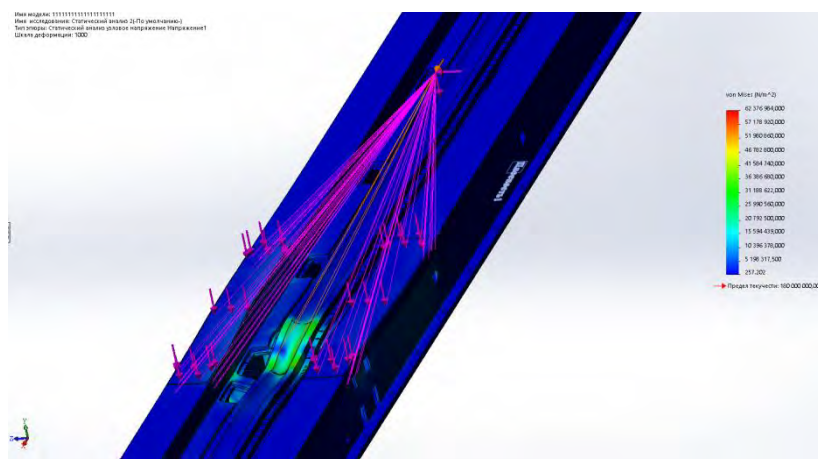


Рисунок 1 – Эпюра напряжений

Анализ деформации дал удовлетворительный результат. Деформация станины не выходит за пределы допуска. Концентраторами деформации и напряжений служат стыки и конструктивные отверстия. Разработана трехмерная модель конструкции суппорта тяжелого станка, результаты испытаний которой при повышенных нагрузках позволяют сделать вывод о ее работоспособности.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ НА ТЯЖЕЛОМ ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ПОМОЩЬЮ PLC МОДУЛЕЙ

**Ковалёв В.Д., Березовская И.К., Мельник М.С., Васильченко Я.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В связи с широкой автоматизацией машиностроительного производства огромное значение приобретает задача определения оптимальных режимов работы инструмента. От этого во многом зависят производительность оборудования, себестоимость и точность обработки, расход режущего инструмента, качество поверхностного слоя и другие параметры процесса металлообработки. Задача автоматического управления точностью и производительностью обработки деталей на станках путем применения адаптивных систем управления приобретает особую важность. Способы адаптивного управления открывают принципиально новые пути повышения точности и эффективности использования различного металлообрабатывающего оборудования, в том числе станков с ЧПУ и многооперационных станков. Адаптивные системы обеспечивают оптимизацию путем управления точностью и производительностью непосредственно в процессе обработки деталей на станках.

Целью работы является разработка и реализация законов управления режимами обработки на тяжелом токарном станке, а именно управление подачей для регулирования силы резания посредством PLC модулей

Для управления тяжелым токарным станком с помощью PLC модулей использована имеющаяся на кафедре «Компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии» Донбасской государственной машиностроительной академии система контурного управления для токарных станков Heidenhain MANUALplus 620 с интегрированной возможностью управления PLC.

Для оптимизации обработки на тяжелом токарном станке применим закон управления продольной подачей резца в зависимости от значения силы резания

$$s = v_P \sqrt{\frac{P}{10 C_P \cdot t^{x_P} \cdot v^n \cdot K^P}}$$

Для решения задачи корректировки скорости подачи при продольном точении на тяжелых токарных станках с целью поддержания оптимальной силы резания был разработан алгоритм работы системы автоматического регулирования скорости подачи тяжелого токарного станка. Данная система производит измерения силы в зоне резания и на основании этого корректирует управляемые параметры процесса резания (подачу) для достижения оптимального значения с целью получения максимальной производительности обработки при исключении перегрузок режущего инструмента. Предложенное решение должно существенно повысить надежность системы и упростить ее настройку и практическое применение, что может сделать целесообразным ее внедрение в производстве.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СУППОРТА ПО МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ

**Ковалев В.Д., Лобов А.В., Сукова Т.А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

При усовершенствовании тяжелых станков по модульному принципу суппорт взят за основу разработки модели, в которой установлены следующие качественные критерии:

- Точность
- Экономический
- Производственная технологичность
- Эксплуатационная технологичность

Для представления суппорта в работе и возможности его отражения в базе знаний и базе данных экспертной системы предлагается модель иерархическая структуры основных требований, предъявляемых при конструировании суппортных групп, а так же модель иерархической структуры, отражающей возможные варианты реализации суппортных групп по трем основным направлениям:

- Компоновка
- Направляющие
- Привод

В свою очередь каждый из трех основных направлений представляет собой развитую модель иерархической структуры.

Представление данных об элементах в виде модели иерархической структуры позволяет структурировать и систематизировать данные и конструкторские решения, принадлежащие элементу. Глубина ветвей модели иерархической структуры не превышает пяти ступеней. Модель призвана отразить общую картину и тенденцию конструкторских решений при создании суппортных групп по модульному принципу.

Это позволяет интегрировать эту модель иерархической структуры в модель экспертной системы, без утяжеления ее разветвленным как по горизонтали, так и по вертикали иерархическим деревом. В то же время модель иерархической структуры имеет возможности дополнения, уточнения и более глубокой проработки. Особенностью модели иерархической структуры является то, что узловые точки дерева представляют собой логические узловые точки и соответствуют операторам "И" и "ИЛИ". Таким образом, реализована ситуация возможного совместного применения под элементов какой-либо ветви дерева или же исключительно одного из под элементов ветви.

Это даст преимущество в том, что при специализированном производстве стандартных сборочных единиц потребитель получает возможность компоновать нужное ему оборудование, а так же приобретение готовых узлов, изготавливаемых на специализированных заводах, позволит удешевить и упростить ремонт.

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СТАНКОВ-РОБОТОВ

**Ковалевская Е.С.**

(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Сегодня в условиях повышения требований к гибкости производства и применения гибких автоматизированных производств уже недостаточно, поэтому, особое внимание сегодня уделено реструктуризации, реконфигурации участков. Особое значение имеет возможность изменения компоновки станка, а также обеспечение его своевременной ремонтпригодности. Таким образом, возникает проблема подвижности станков в цехе, однако в условиях изготовления крупногабаритных деталей это вообще неприемлемо, а для малогабаритных деталей это связано с дополнительными условиями обеспечения точности оборудования. Использование координатной системы обеспечения точности требует особого подхода к изготовлению направляющих и обеспечению их износостойкости.

Новые станки должны обладать гибкостью, мобильностью, малой металлоемкостью, высокой жесткостью, большими технологическими возможностями. Эта задача порождает целый ряд противоречий в конструировании и обеспечении точности и качества изготавливаемых на таких станках продукции. Анализ развития металлорежущего оборудования позволяет отказаться от существующей концепции технологических систем и перейти к концепции обрабатываемости заготовок на основе использования инструментов, приспособлений и систем поддержания требуемой жесткости.

Станки с параллельной кинематикой являются перспективной альтернативой традиционному металлообрабатывающему оборудованию. Пространственные механизмы параллельной структуры на штангах переменной или постоянной длины дают возможность обеспечить исполнительному органу до шести степеней свободы, выполнять ускоренные линейные перемещения с одновременной ориентацией относительно объекта обработки. Технологическое оборудование с механизмами параллельной структуры может выполнять практически все виды работ, связанных с обработкой, сборкой, испытанием и контролем изделий. Данное направление является актуальным и целесообразным на современном этапе реорганизации машиностроения. К преимуществам внедрения нового оборудования относятся, сокращение времени подготовки производства и повышение его рентабельности за счет объединения отделочных, разметочных и измерительных функций в единой мехатронной системе, высокая точность измерений и обработки, которая обеспечивается повышенной жесткостью стержневых механизмов, применением прецизионных датчиков обратной связи, а также компьютерных методов коррекции. Повышенная скорость движений и отсутствие направляющих улучшает массогабаритные характеристики и металлоемкость, а высокое качество управления движением обеспечивается использованием методов автоматизированной подготовки и выполнения в реальном времени управляющих программ.

## МОДЕЛЮВАННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ РОЗРІЗАННІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ КРУГЛИМИ ПИЛКАМИ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ

**Ковальова Л.І, Майданюк С.В.**  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Для розрізання заготовок різних форм та матеріалів широко використовуються круглі пилки. Останнім часом до розрізання висуваються підвищені вимоги, особливо що стосується якості та точності оброблених поверхонь, зменшення розмірів задирок.

Існує велика кількість конструкцій круглих пилок, які мають свої переваги та недоліки. Загалом круглі пилки працюють у важких обмежених умовах, а їх різальні кромки розташовані на периферії інструменту та, як правило, є прямими лініями, паралельними осі пилки. В результаті цього при обробленні має місце процес прямокутного різання. Тому, в моменти початку та закінчення процесу різання кожним зубцем спостерігаються удари зубців пилки, які призводять до виникнення вимушених коливань диска інструменту великої амплітуди з малою частотою, що істотно впливає на процес різання, стійкість інструменту та якість оброблення.

При розрізанні заготовок з алюмінієвих сплавів особлива увага приділяється точності та якості оброблених поверхонь, тому питання визначення та регулювання сил різання є актуальною задачею, особливо для інструментів при розрізанні тонкостінних профілів.

Зменшення сил різання та, відповідно, коливань при роботі круглих пилок можна досягнути за рахунок використання в конструкції інструменту нерівномірного кроку зубців.

Також, одним із методів зменшення сил різання є використання інструментів з прогресивними схемами зрізання припуску, зокрема круглих пилок з різнонаправленими зубцями. Різальна кромка таких пилок являє собою лінію загального положення, в результаті чого має місце процес косокутного різання, що сприяє поліпшенню умов оброблення.

Така конструкція інструменту позитивно зарекомендувала себе при обробленні різних матеріалів, проте процес різання таким інструментом досліджений недостатньо та відсутні рекомендації з вибору геометричних параметрів та режимів різання.

В роботі вирішується задача визначення зусиль різання при розрізанні заготовок з алюмінієвого сплаву Д16 круглими пилками з різнонаправленими зубцями методом математичного моделювання процесу різання з використанням евристичної самоорганізації – методом групового врахування аргументів.

Отримані аналітичні залежності сил різання, на основі експериментальних досліджень можливо використовувати при оптимізації геометричних параметрів та режимів різання круглих пилок з різнонаправленими зубцями, в якості додаткових обмежень.

# ГЕОМЕТРІЯ ЗРІЗУВАНОГО ШАРУ ПРИ ОБРОБЛЕННІ РІЗЬБОВИХ ОТВОРІВ МІТЧИКАМИ

**Красновид Д.О., Трухан О.О.**  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Однією з основних характеристик завантаження різальних кромки є товщина зрізаного шару. Найчастіше у різального інструмента спостерігається нерівномірне завантаження різальної частини, що у свою чергу, призводить до нерівномірного зношування

При різьбонарізанні число одночасно працюючих лез мітчика спочатку збільшується а потім, досягши деякого числа  $m$ , якийсь час залишається постійним після чого знову зменшується, що викликано виходом різальної частини мітчика з матеріалу заготовки.

Визначення геометричних параметрів зрізаного шару.

Схема видалення припуску лезами мітчика представлена на рис.1. Різним лезам мітчика відповідає постійна товщина зрізаного шару (крім першого та останнього лез) і ширина головної та допоміжних різальних кромки.

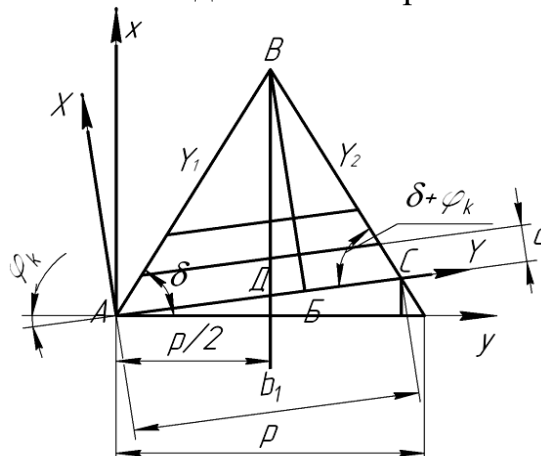


Рисунок 1 - Схема видалення припуску мітчиком.

Таким чином, сумарна площа перерізу зрізаного шару  $m$  лезами становить:

$$\sum_{i=1}^m S_i = S_1 + \int_0^{a(m-1)} b(X) dX = \frac{1}{2} \cdot p \cdot b_1 \cdot \sin \varphi_k + b_1 \cdot a \cdot (m-1) - \frac{a^2}{2} \cdot (m-1)^2 \cdot (\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k))$$

Загальна довжина  $B_i$  різальних кромки  $i$ -го леза буде:

$$\sum_{i=1}^m B_i = b_1 - a \cdot (i-1) \cdot \left[ \operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k) + a \cdot \left( \frac{1}{\sin(\delta + \varphi_k)} + \frac{1}{\sin(\delta - \varphi_k)} \right) \right]$$

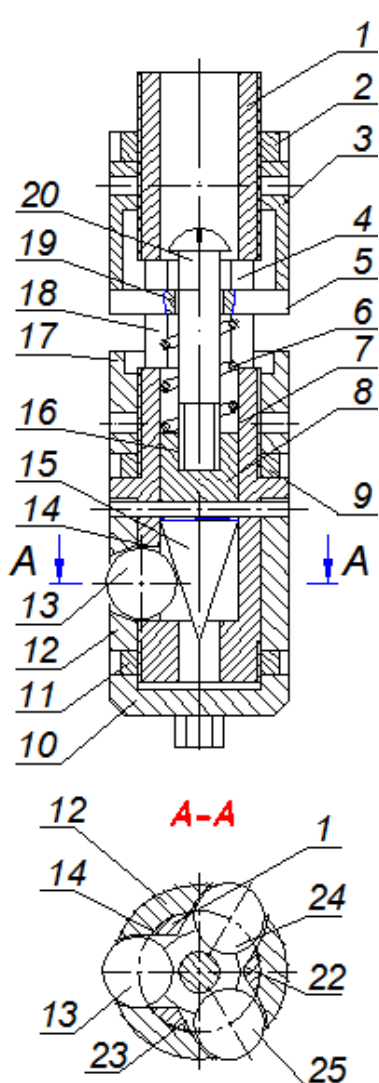
## Висновки

Визначені залежності для розрахунку геометрії зрізаного шару мітчиками. Отримано залежності для розрахунку геометричних параметрів зрізу при різьбонарізанні машинними та гайковими мітчиками, сумарна довжина різальних кромки машинних та гайкових мітчиків, площі зрізу що ними знімаються.

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РЕГУЛЯРНИХ МІКРОРЕЛЬЄФІВ НА ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХНЯХ

**Кривий П.Д., Дзюра В.О.**  
(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)

Інструмент складається з корпуса 1, виконаного у вигляді корпуса 1 (рис.1) виконаного у вигляді пустотілого ступінчастого циліндра, у нижній частині якого у його стінці виконані, три рівномірно розміщені по колу наскрізні циліндричні отвори 14, 22, 23, у яких розміщені деформуючі елементи - кульки 13, 24, 25, положення яких зафіксовано з одного боку сепаратором 12, а з другого боку – конічною поверхнею гостровершинного конуса 15 виконаного на нижній частині осерухомого циліндричного штока 8. Сепаратор



закріплений на зовнішній поверхні корпуса за допомогою гайки 11 і контргайки 10. Осерухомий циліндричний шток 8 з гостровершинним конусом 15 розміщений у внутрішній циліндричній поверхні 7 більшого діаметра корпуса 1 підпружинений вниз пружиною стиску 6, довжина якої обмежена планкою 5 пропущеною через вікна 4 і 18, які виконані у стінці корпуса 1. У центрі планки 5 виконаний наскрізний отвір 19. Через отвір 19 і пружину стиску 6 вільно пропущений гвинт 20, який своєю нижньою частиною загвинчений у різевий отвір 16 осерухомого циліндричного штока 8. Виступаючі з вікон 4 і 18 кінці 25 і 26 планки 5 обперті на верхню спеціальну гайку 3 спряжену з різевою поверхнею 21, розміщену у верхній частині зовнішньої циліндричної поверхні корпуса 1 і ця гайка 3 зафіксована контргайкою 2. Над ободом 24 розміщені нижня регулювальна гайка 17 і контргайка 9, які спряжені з різевою поверхнею корпуса 1. Під ободом 24 у стінках сепаратора, корпуса 1 та у осерухомому циліндричному штокові 8 виконані наскрізні співвісні отвори 31, 32 і 33.

Отримані залежності для визначення мінімальних діаметрів деформуючих елементів кульок  $d_k$  і діаметра зовнішньої циліндричної поверхні корпуса  $D_k$  в залежності від  $d_k$ ; більшого діаметра  $d_v$  внутрішньої циліндричної поверхні корпуса в залежності від  $d_k$ ; вертикального ходу конуса  $h_v$  в залежності від  $d_k$ ; величини радіального відцентрового переміщення  $h_r$ ; глибини  $h_k$  центрального отвору меншого діаметра  $d_n$  у корпусі; величину меншого діаметра  $d_m$  центрального отвору у корпусі.

Рисунок 1 - Інструмент для формування регулярних мікрорельєфів віброобточуванням

# ІМОВІРНІСНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОДАЧ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ

**Кривий П.Д., Крупа В.В.**

*(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)*

Встановлено, що величина подач на оберт шпинделя металорізальних верстатів, зокрема токарних, що забезпечуються певними кінематичними ланцюгами є стохастичними величинами [1,2].

Запропонований метод дослідження точності ланцюгів подач полягає у наступному. З допомогою індикатора вимірювали переміщення супорта під навантаженням токарного верстату 16Б04П за 1 оберт шпинделя. На кожному із кінематичних ланцюгів подач здійснювали 100 вимірювань. Отримані статистичні ряди переміщень (подач) перевіряли на однорідність за критерієм Гребса. Визначали характеристики розсіювання подач: середні значення  $\bar{s}_i$ ; дисперсії  $D(s_i)$ ; середнє квадратичне відношення  $\sigma(s_i)$  і коефіцієнт варіації  $K_{vsi}$ , тут  $i$  – порядкові номери номінальних за паспортом значень подач. Перевіряли за критерієм  $\chi^2$  Пірсона гіпотезу про узгодженість експериментальних значень подачі з теоретичним розподілом за законом Гауса (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристики розсіювання значень подач.

Характеристика розсіювання	Значення подач за паспортом верстата, мкм/об								
	50,0	60,0	75,0	90,0	100,0	125,0	150,0	175,0	200,0
$\bar{s}_i$ , мкм	46,5	59,5	64,7	84,5	96,2	120,5	146,7	169,0	195,2
$D(s_i)$ , мкм <sup>2</sup>	4,7	5,3	15,8	14,1	27,3	28,2	48,6	65,9	77,5
$\sigma(s_i)$ , мкм <sup>2</sup>	2,2	2,3	4,00	4,4	5,2	5,3	6,3	8,1	8,8
$K_{vsi}$	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04

Істотність відмінності за середнім значенням визначали за критерієм Стюдента, а істотність відмінності за дисперсіями – за критерієм Фішера. Встановлено, що із збільшенням паспортного значення подачі, збільшується дисперсія його розсіювання.

Запропонована методика дозволить виявити ланки кінематичних ланцюгів, що дають найбільшу похибку, здійснити корекцію параметрів точності спряжень елементів кінематичних ланцюгів, що призведе до зменшення розсіювання значень подач і підвищить якість оброблюваних поверхонь.

**Література:** 1. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів : Машинознавство. – 2013. – №9-10 (195-196). – С. 76-83 2. Рудзит Я. А. Основы матерологии, точность и надежность в приборостроении: Учеб. пособие для студ. приборостроительных спец. вузов / Рудзит Я. А., Плугнальов В.Н.. – М.: Машиностроение, 1991. – 304с.

## НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ШАРНІРІВ БАГАТОКОНТУРНИХ ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ БУРОВИХ УСТАНОВОК

<sup>1</sup>Кривий П.Д., <sup>2</sup>Тимошенко Н.М., <sup>1</sup>Кобельник В.Р., <sup>1</sup>Бутрин С.П.  
(<sup>1</sup>ТНТУ, м.Тернопіль, Україна, <sup>2</sup>НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Запропоновано новий метод визначення несучої здатності багатоконтурних (паралельно-рядних) ланцюгових передач нафтогазодобувних бурових установок. В основу метода покладено стохастичність контактних кроків  $t$  і довжин відрізків  $l$  робочих віток приводних роликів і втулкових ланцюгів таких передач, а також граничні теореми Чебишева і Ляндона, які обґрунтовують нормальні закони розподілу випадкових величин  $t$  і  $l$ . Суть методу розглянуто на прикладі чотири контурної передачі.

Для визначення допустимого максимального зусилля, яке передає найкоротша робоча вітка використано метод максимуму-мінімуму, при якому одна із віток приводних ланцюгів є мінімальна,  $l_{\min}$  наприклад, перша, а ще одна із робочих віток, наприклад  $n$ -нна (четверта) максимальна  $l_{\max}$  і довжини робочих віток, як випадкові величини на інтервалі  $[l_{\max} - l_{\min}]$  розподілені пропорційно з однаковим приростом довжини, що відповідає закону рівної імовірності.

Отримано залежності для визначення щільності розподілу величини  $l$  та її поля розсіювання, а також деформацій  $\Delta_i$  робочих віток і зусиль  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , які передають відповідні робочі вітки чотири контурної ланцюгової передачі, тут  $n=4$ .

Несучу здатність багатоконтурної ланцюгової передачі запропоновано визначити за формулою  $F_{\sigma} = F_1 \cdot k_k$ , де  $F_1 = [p] \cdot A / k_e$  – зусилля, що передає найкоротша робоча вітка;  $k_k$  – коефіцієнт контурності;  $[p]$  – допустимий базовий тиск у шарнірі;  $A$  – опорна поверхня шарніра;  $k_e$  – коефіцієнт режиму експлуатації.

Отримано залежність для визначення коефіцієнта  $k_k$ :

$$k_k = \frac{10 \cdot k_o \cdot A \cdot (k \cdot n)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}} + \left( (B - 0.33 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta(t)) \cdot 10^3 \right)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}} + \left( (B - 0.66 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta(t)) \cdot 10^3 \right)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}}}{(k - n)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}} \cdot \sum_{i=1}^n F_i} + \frac{\left( (B - 0.33 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta(t)) \cdot 10^3 \right)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}}}{(k - n)_{x_{\Delta}}^{\frac{1}{x_{\Delta}}} \cdot \sum_{i=1}^n F_i}, \text{ де } B = \frac{k \cdot n}{10^3} \cdot \left( \frac{10 \cdot [p] \cdot A}{k_e} \right); k_o = \frac{3}{k_e}; n - \text{кількість}$$

контурів у передачі;  $\delta(t)$  – поле розсіювання контактних кроків приводних ланцюгів;  $x_{\Delta}$  – показник степеня, який враховує вплив  $F_i$  на  $\Delta_i$ ;  $k$  – коефіцієнт пропорційності у емпіричній формулі, за якою визначається  $\Delta$ .

Для приводного ланцюга з кроком 25,4 мм (ГОСТ 13568-2000) і  $\delta(t)=0,024$  мм та  $k_k=3,02$  допустима сумарна потужність  $N_c = \frac{3 \cdot 02 \cdot [p] \cdot A}{k_e} \cdot \frac{V}{75 \cdot 136}$ , кВт.

За визначеною потужністю можна вибрати розмір приводного ланцюга, у шарнірах якого допустимий тиск  $[p]$  не переважає 54 МПа.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

**Крупко И.В. Держинская О.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Наиболее характерными представителями выемочно-погрузочных машин, эксплуатируемых на открытых разработках, являются экскаваторы-драглайны. Открытый способ добычи полезных ископаемых, получивший в Украине широкое распространение и имеющий существенные преимущества перед подземным, вызвал необходимость совершенствования экскаваторов-драглайнов. Их зачастую оборудуют шагающими ходовыми механизмами.

В настоящее время существует проблема повышения качества шагающих механизмов экскаваторов-драглайнов.

Целью работы исследования является создание методики оценивания технического уровня механизма передвижения экскаватора-драглайна с помощью комплексных показателей. Задачей исследований является применение созданной методики для оценивания технического уровня механизма передвижения экскаватора-драглайна.

Согласно существующим методикам основными показателями качества механизмов передвижения экскаваторов-драглайнов являются: теоретическая производительность, установленный ресурс до первого капитального ремонта, удельная масса, удельный расход электроэнергии. Качество шагающих движителей драглайнов можно оценивать показателями назначения, надежности, эргономическими показателями, показателями технологичности изготовления, показателями безопасности.

При выборе показателей необходимо иметь ввиду следующие принципы:

1) параметры, которые использовались при определении функционального критерия, не могут использоваться повторно в качестве единичных показателей; 2) выбранные параметры должны быть представительными, что обеспечить достоверность полученных результатов; 3) в номенклатуру не должны входить параметры, которые согласованы.

Проанализировав вышесказанное, можно сделать вывод о том, что основными показателями, характеризующими процесс перемещения экскаватора-драглайна, являются следующие: масса деталей механизма шагания ( $M_{\text{мш}}$ , т), масса экскаватора ( $M_э$ , т), мощность привода механизма шагания, ( $N_{\text{пр}}$ , кВт), скорость передвижения экскаватора ( $V_э$ , м/с), удельная металлоемкость деталей ходовых механизмов ( $M_{\text{уд}}$ , кг/м<sup>2</sup>), удельный срок службы механизма до отказа ( $T_{\text{см}}$ , ч), удельная энергоемкость передвижения (кВт · ч / т),

В итоге получаем комплекс из семи показателей, определяющих технический уровень экскаваторов-драглайнов.

Оценка качества механизма передвижения экскаватора – драглайна позволяет определить пути повешения технического уровня механизма шагания.

## ОБҐРУНТУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОПОРНІ ЕЛЕМЕНТИ БАШТОВИХ КРАНІВ

**Крупко І.В., Вовненко О.Є.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Використання баштових кранів збільшується у всьому світі. Все частіше малі підприємства роблять акцент на стаціонарні крани. Це підвищує ризик виникнення аварій, через недостатньо детальні розрахунки на стійкість крану.

Мета дослідження підвищення безпеки експлуатації баштового крана на основі обґрунтування навантажень та конструкції опор з урахуванням різних умов роботи.

Для визначення навантажень на опори були зроблені припущення:

1) ґрунт під окремо взятою опорою являє собою однорідне тіло, зв'язок між тиском опори і деформацією ґрунту лінійний;

2) рама крану абсолютно жорстка;

3) умови навантаження опор однакові;

4) навантаження з боку вантажу та мас елементів відоме.

Реакція ґрунту, що деформується, з коефіцієнтом податливості  $k_i$ , на який опирається опорна площа площиною  $F$ , замінена дією пружного елемента з певною жорсткістю.

Для дослідження навантажень на опорні елементи крану за розробленою методикою при різних режимах роботи була розроблена програма у пакеті Maple.

Вихідними даними для програми є параметри крану, а саме: розміри та розташування елементів крану, маси елементів. Це дозволяє отримати точніші навантаження на опори крана за різних положеннях стріли, положенні вантажу та вітрових навантаженнях, ніж при стандартних розрахунках. Методика використовується для різних баштових кранів.

В алгоритм розрахунку можна включити перевірку стійкості крану проти перекидання (відрив опори). Якщо у процесі розрахунку одне з навантажень виявиться додатнім, тобто нуль чи більше за нуль, його треба виключити з системи рівнянь, залишити тільки три рівняння і знаходити розподіл навантажень вже на три опори, так як кран фактично стає трьохопорним. Якщо в результаті два навантаження мають додатній знак, то це свідчить про втрату краном стійкості.

Використання цієї програми допоможе знизити кількість аварій баштових кранів, таких як падіння, зв'язаних з неточними методиками для визначення навантажень на опори крану, підвищити достовірність розрахунків та своєчасно побачити проблеми, та вирішити їх.

Аналіз проведеного дослідження дозволив виявити величину і характер зміни навантажень з урахуванням механічних характеристик ґрунтів. Коливання навантажень складає від 40 кН до 220 кН для крану вантажопідйомністю 50 т.

## ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОТУЖНИХ ОДНОКІВШОВИХ ЕКСКАВАТОРІВ

**Крупко І. В., Сегін В. В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Підвищення продуктивності одноківшових екскаваторів є важливою характеристикою машини. Збільшення продуктивності, призводить до більш ефективного та раціонального використання машини, зменшенню питомих витрат на експлуатацію екскаватора. Таким чином підвищується ефективність роботи підприємства.

Основні напрямки підвищення продуктивності одноківшових екскаваторів наступні:

- збільшення коефіцієнту наповнення ковша при виборі раціональної форми, представленої, у поперечному перерізі у вигляді трапеції з удосконаленою конструкцією ріжучої частини, у якій встановлено «адаптер» для корегування кута різання ґрунта та кута установки ковша відносно рукояті. За рахунок зміни конструкції підвищується коефіцієнт заповнення ковша на 10...15% та забезпечується необхідний рівень нахилу підшви забою. Застосування такого ковша доцільно лише при розробці вибоїв малої висоти;

- підвищення надійності передатних механізмів (натиску, тяги, підйому), врахування коефіцієнта технічного використання, запропонованого професором П.І. Кохом, зниження простоїв екскаваторів за рахунок організаційних заходів та удосконалення обслуговування і ремонтів, зменшення перерв та простоїв в роботі протягом зміни. Цей фактор впливає на величину коефіцієнта використання змінного часу екскаватора;

- зменшення тривалості одного циклу роботи екскаватора за рахунок підвищення швидкостей виконавчих механізмів та суміщення (поєднання) окремих операцій циклу (наприклад, поворот платформи з опусканням або підніманням ковша та ін.);

- застосування приводів, які забезпечують пульсуючий рух при копанні вибоїв малої висоти;

- врахування механічних характеристик ґрунтів при розробці робочого обладнання (запропоновано професором Ю.І. Беляковим враховувати опір ґрунтів копанню, коефіцієнти розпушення, щільність та ін.), умов роботи.

На тривалість копання розпушеного ґрунту  $t'_{\text{кон}}$  найбільший вплив має питомий опір розпушених ґрунтів копанню  $k_f$ . Зі зменшенням питомого опору копанню, зменшується тривалість копання, а, відповідно, продуктивність у цьому випадку збільшується.

Таким чином, указані вище напрямки удосконалення екскаваторів та їх робочих органів, для конкретних умов експлуатації, дозволить підвищити продуктивність на 8...10%.

## ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВИХ ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

**Кучер Н. О., Крупко В.Г.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Ріст обсягів землерийних робіт вимагає створення високопродуктивної мобільної швидкісної землерийної техніки: машин, устаткування, виконавчих механізмів, інструментів, робочих органів. Тому пошук нових фізичних ефектів процесу руйнування ґрунтів, ефективних способів впливу на робітничі середовища та розробка способів інтенсифікації робочих процесів землерийних машин – актуальне завдання для вчених і інженерів.

У приводах ПТМ поширено застосування зубчасто-рейкових передач. Проте, у деяких механізмах існує необхідність у нерівномірному імпульсному русі. Процеси руйнування ґрунтів при змінній швидкості робочого органу дозволяють зменшити енергетичні витрати за рахунок періодичного руйнування «ядра» ґрунту, що знаходиться перед ріжучою кромкою робочого органу. Приводи землерийних машин на основі хвильової ланцюгової передачі для імпульсного руйнування ґрунтів дозволяють забезпечити створення необхідного пульсуючого руху ковша, що дозволяє отримати необхідний ефект. Додаткове пульсаційне навантаження від дії ланцюгового приводу призводить до виникнення більш поширених зон руйнування, зменшуючи необхідну силу копання та витрати електроенергії на технологічний процес, а також зменшує імовірність зупинки екскаватора в разі зіткнення ковша з більш щільною породою.

Більшість підйомно-транспортних систем потребують циклічного позиціонування веденої технологічної ланки. До них відносяться, наприклад, пульсуючі конвеєри керамічних та інших видів виробництва, а також коліскові та поличні елеватори.

Інші машини потребують застосування приводів, що забезпечують той же процес, але у більш високому темпі – імпульсного переміщенні виконавчого органу. Сюди відносяться ковшові елеватори з інтенсифікуванням процесу завантаження, а також одноківшеві екскаватори типу «пряма лопата» з незалежним механізмом натиску.

Особливе положення займають вантажопідйомні машини нового типу: підйомачі с стрічковим тяговим органом, для яких актуальною є розробка приводів з безінерційним регулюванням швидкості руху робочого органа.

Аналіз перелічених видів обладнання вказує на те, що в основі їх принципів схем може бути прийнятим новий вид механізмів – хвильових імпульсних приводів спеціального призначення.

Метою роботи було обґрунтування ефективності застосування комбінованого пульсуючого привода механізмів одноківшевих екскаваторів який забезпечує імпульсний характер руху робочого органу, що сприяє зменшенню енергоємності процесу руйнування ґрунтів.

# ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ПІДВІСУ СТІЛИ ЗІ ЗМЕНШЕННЯМ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Ладига Є.В.

(ДДМА, м.Краматорськ, Україна)

Під час проведення будівельних робіт одним з основних типів машин, які виконують підйомно-транспортні роботи є універсальні екскаватори, в яких, при використанні грейферного обладнання, виникають значні динамічні навантаження на механізми та конструкцію.

Питанням зниження динамічних навантажень присвячені роботи Н.Р. Домбровського, В.А. Ряхіна, Л.І. Цехновича, Н.А. Лобова, В.С. Ловейкіна.

Метою даних досліджень є зниження динамічних навантажень на машину за рахунок застосування амортизуючих пристроїв у системі підвіса стріли.

Математична модель складена з деякими припущеннями

$$l^2 \cdot \left( \frac{1}{3} m_1 + m_2 \right) \cdot \ddot{\varphi} = F \cdot l + C \cdot \left( \sqrt{b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos(\varphi + \alpha)} - a \right) \cdot l \cdot \sin(\beta) + k \cdot \dot{\varphi}. \quad (1)$$

Модель з балочною підвіскою стріли при зменшеній жорсткості та встановленому демпферному пристрої (рис. 1, а): надстройка встановлена таким чином, що передня стойка підпружинена, а задня стойка являє собою шарнір; до рухомої частини встановлений демпферний пристрій.

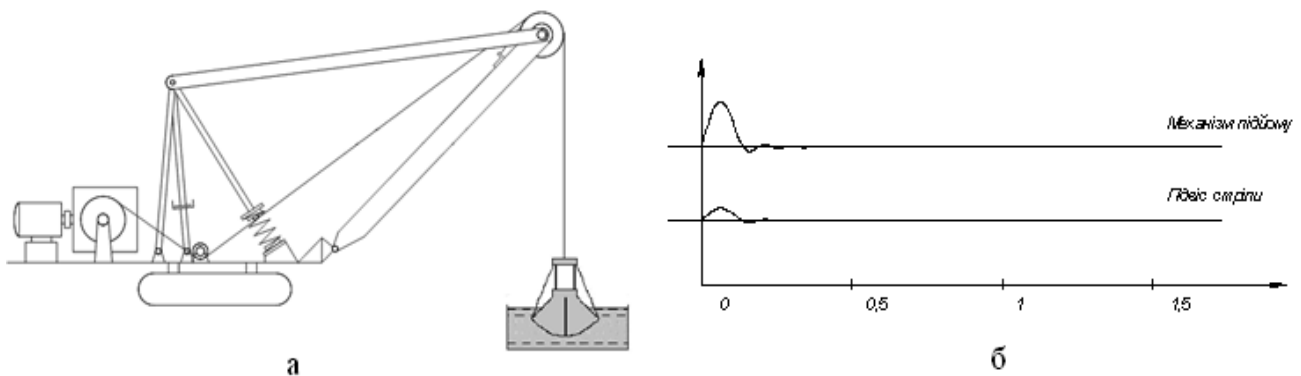


Рисунок 1 – Схематичне зображення моделі та осцилограма випробувань

Результати досліджень показали, що застосування пружно-демпферного пристрою в системі підвісу стріли дозволило понизити коефіцієнт динаміки до 1,5, частоту коливань на 1/3 та час їх затухання в 6 разів (рис. 1, б).

**Література:** 1. Гоберман, Л.А. Теория конструкция и расчет строительных и дорожных машин/ Л.А. Гоберман, К.В. Степанян, А.А. Яркін – М.: Машиностроение, 1979.– 406 с.  
2. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. - М.: Машиностроение, 1987. - 157 с.  
3. Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Діктерук М.Г. Теоретичні основи розрахунку віброгасителів коливань механізмів підйому вантажу промисловими роботами-маніпуляторами та вантажопідйомними (мостовими) кранами // Подъемно-транспортная техника. - Днепропетровск: ДПТ. - № 3. - 2003. - С. 5-19.

## ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

<sup>1</sup>Литвинов В.М., <sup>2</sup>Мироненко Е.В., <sup>3</sup>Шелковой А.Н., <sup>3</sup>Гасанов М.И.,  
<sup>3</sup>Клочко А.А.

(<sup>1</sup>ООО «НИИПТмаш – Опытный завод», г. Краматорск, Украина,

<sup>2</sup>ДГМА, г.Краматорск, Украина, <sup>3</sup>НТУ «ХПИ», г.Харьков, Украина)

Важнейшей проблемой тяжелого машиностроения на современном этапе является повышение качества выпускаемой продукции, в том числе поверхностной закалке крупногабаритных зубчатых колес (рис. 1).

Технологические факторы, влияющие на глубину и степени упрочнения поверхностного слоя в значительной степени зависят от многих технологических факторов и в первую очередь от способов закалки. Современные требования по увеличению твердости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес является одним из наиболее эффективных и актуальных направлений повышения нагрузочной способности и долговечности зубчатых передач и редукторов при одновременном снижении их размеров [1, 2].

В процессе работы зубчатых колес одновременно происходит трение качения и трение скольжения, вызывающие износ и разрушение рабочих поверхностей зубьев. Это сопровождается нарушением правильности зацепления, ростом шума, падением к.п.д., возникновением динамической нагрузки и т. д.

При сверхдопустимом износе зубьев зубчатых венцов ( $m > 26$ ) и колес барабанов ( $m > 20$ ) не допускается оставлять их в механизмах. Величина износа не должна превышать нормативную более чем на  $0,17m$ .

Наряду с существующими способами поверхностной закалки зубьев разработан современный метод спреерной закалки зубьев зубчатых колес. Эта технология известна давно, однако считалось, что для закалки массивных деталей можно использовать только ацетилен, и «благодаря» повсеместному вытеснению ацетилена газами – заменителями на предприятиях спрос на закалочные горелки постепенно снижался.

Предложен метод поверхностной закалки зубьев крупногабаритных колес с применением горелок, работающих на природном газе, или пропан – бутановых смесях. По сравнению с ацетиленокислородными закалочными горелками, благодаря специальной конструкции, эти горелки значительно сокращают стоимость работ, упрощают процесс закалки и повышают его безопасность. Особенная конструкция головки позволяет выравнивать температуру фронта пламени по ширине закаливаемой поверхности, а специальные сопла для подачи воды методом распыления на нагретую поверхность и обеспечением закаленной поверхности однородной твердости.

# МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОТОРНИХ МАШИН НА ОСНОВІ МЕТОДІВ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ

**Логінова А.О.**

(ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ, Україна)

Основним джерелом коливань роторних машин є нелінійна характеристика збуджуючої сили та пружної опори [1].

Метою роботи є аналіз можливостей моделювання динамічних процесів роторних машин, використовуючи методи структурного аналізу, для прогнозування їх надійності.

Виконання технологічних функцій машиною можна розглядати як реакцію на деякі входні збудження  $F(t)$ ; в цьому випадку на виході системи буде реалізована функція  $f(k_i, t)$ , де  $k_i$  - деякі вихідні параметри системи (Рис.1).

Роль входних параметрів грають вертикальні і горизонтальні навантаження від обертання ротора і переміщення завантаження, а вихідних - сили взаємодії (реакції зв'язків) між корпусом машини, рамою або перекриттям, а також амплітуди їх коливань. При зміні параметрів системи  $k_i$  в часі  $t$  система в цілому переходить з одного стану в інший, і еволюція такої системи може бути описана деякими функціями стану  $y(k_i, t)$ . Якщо зовнішній вплив  $F(t)$ , є стохастичним і нелінійним, то траєкторії  $y(k_i, t)$ , будуть також стохастичними і нелійними, а відмова системи - випадковою подією [2]. Для даної системи завжди існує область допустимих станів  $Q$ , що характеризується вихідними параметрами  $f(k_i, t)$ , при яких за час  $t$  не відбувається відмови. Межа області  $Q$  відповідає граничним станам системи.

Таким чином стає можливим визначення функції надійності системи, як певної ймовірності перебування вихідних параметрів  $y_i(k_i, t)$ , в допустимій області  $Q$  протягом часу експлуатації  $0 \leq t \leq T$ . У цьому випадку функція надійності матиме вигляд

$$P(t) = P[y_i(k_i, t) \in Q], \quad 0 \leq t \leq T$$

**Література:** 1. Зиборов К.А. Динамический дисбаланс ротора ударно-центробежных дробилок и условия, обеспечивающие его динамическое совершенство / К.А. Зиборов, А.А. Логінова // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2015» / ДВНЗ "НГУ" – Д., 2015. – С. 15-18.  
2. Radouane G. Analyse des phenomenes vibratoires en dynamique des rotors modelisation et experimentation [Thèse] / Gharbi Radouane – Batna, 2014. – 84.

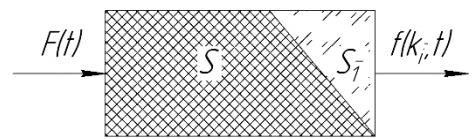


Рисунок 1 - Структурна схема системи віброізоляції  
 $S$  – машина;  $S_1$  пружна опора.

## КІНЕМАТИКА ФОРМУВАННЯ І ПОДРІБНЕННЯ СТРУЖКИ ПРИ БАГАТОЛЕЗОВІЙ ОБРОБЦІ ІЗ КОЛИВАННЯМИ

Луців І.В., Стахурський О.О.

(ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Багатолезова обробка із міжінструментальними коливаннями передбачає звільнення лез від жорсткого зв'язку і надання рухомості в осьовому напрямку, вирівнювання складових сил різання, що діють на різальні елементи, виключення впливу на деформації тих факторів, що визначають точність і якість обробки. Одним із варіантів такої системи може бути випадок, коли один із різців закріплений жорстко (тобто є відносно пасивним), а інший – підпружинений (він є відносно активним).

При дволезовій токарній обробці, що супроводжується коливаннями, діє ряд чинників, які суттєво впливають на утворення стружки. Зокрема, при дворізцевому точінні за методом поділу подачі різці знаходяться в одному січенні зрізу і поділяють зрізуваний шар між собою в процесі узгоджених взаємних відносних переміщень різців один відносно іншого. Окрім того, при багатолезовому різанні із коливаннями шар, що зрізується, також поділяється між різальними елементами і є величиною змінною, тому змінною є і товщина зрізуваного шару кожним різцем.

Аналіз стружкоутворення при такій обробці дозволяє зробити висновок, що елементи стружки можуть утворюватись як в процесі неперервного різання, так і за рахунок дроблення стружки під час обробки. В першому випадку утворення елементів стружки визначається самою фізикою процесу різання та її особливостями для лезової обробки. Проте, внаслідок коливних рухів різальних елементів очевидно змінюються суттєво умови різання на кожному із них. При цьому має місце певна нерівномірність процесу стружкоутворення. Ступінь цієї нерівномірності залежить від величин параметрів верстатно-інструментального оснащення, його налагодження, режимів обробки та умов різання.

При однакових умовах при звичному різанні отримують неперервну, міцну стружку зливної форми, а обробка із коливаннями дає можливість утворенню стружки подрібненої форми. Коливання суттєво впливають на зміну геометрії різання, полегшують процес руйнування матеріалу, при цьому можуть змінюватись і кут дії, і кут сколювання (зсуву). З іншого боку, внаслідок коливних рухів різальних елементів суттєво змінюється товщина і ширина стружки. При значних коливаннях площі поперечного перерізу стружки міцність її по слабкому січенні (зокрема по впадині) може виявитись недостатньою і стружка зламається. Таким чином, утворюються елементи стружки у вигляді окремих спіральок, кілець чи завитків. При обриві елементів стружки посилюється нерівномірність процесу стружкоутворення, що сприяє подальшому подрібненню. Довжина елементів стружки зменшується із збільшенням нерівномірності умов різання на різальних елементах.

### Висновки

Дослідні випробування підтвердили гарантоване дроблення стружки із в'язких сталей в процесі різання, а також можливість керувати цим процесом при багатолезовій обробці в широкому діапазоні параметрів.



## ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МАГНИТНО-АБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ НА ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Майборода В.С., Слободянюк И.В., Джулий Д.Ю.

(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

maiborodavs@mail.ru

Исследования, проведенные в последние годы в области магнитно-абразивной обработки (МАО) деталей сложной формы в условиях больших рабочих зазоров на станках с кольцевой рабочей зоной показали, что указанный метод обработки является достаточно перспективной финишной технологической операцией, которую целесообразно использовать на различных этапах изготовления и ремонта изделий. Важно отметить, что в процессе МАО обеспечивается не только значительное, равномерное снижение уровня шероховатости обрабатываемых поверхностей, а и упрочнение поверхностного слоя деталей. При разработке технологического цикла МАО деталей сложной формы необходимо учитывать специфические особенности процессов, проявляющихся при взаимодействии обрабатываемых магнитно-абразивным методом поверхностей с магнитно-абразивным инструментом (МАИ), способностью МАИ при МАО восстанавливать свою форму, его абразивную и полирующую способность, которая зависит не только от кинематики и динамики обработки, а и процессов, происходящих при формировании МАИ, свойствами магнитно-абразивных порошков – его формой, размером частиц, физико-механическими, триботехническими, магнитными характеристиками. Важной является и проблема обеспечения на протяжении всего цикла МАО стабильных свойств МАИ.

Целью работы является исследование полирующее-упрочняющей способности МАИ, формирующегося при МАО быстрорежущей стали в условиях больших рабочих зазоров при их кольцевом расположении.

Были выполнены исследования процесса МАО цилиндрических образцов из стали Р5М5 диаметром 16 мм после тонкой токарной обработки с применением резцов из сверхтвердых материалов. Анализировали изменения поверхностной твердости  $\Delta HV = HV_{MAO} - HV_{исх.}$  и шероховатости поверхности  $\Delta Ra = Ra_{MAO} - Ra_{исх.}$  по внешней цилиндрической поверхности на различных участках, в 12 зонах, равномерно расположенных по кругу на поверхности. МАО выполняли на установке типа кольцевая ванна с шириной рабочих зазоров 35 мм. Образцы в процессе обработки располагали таким образом, чтобы продольная ось образцов была параллельна оси кольцевой ванны. Основное рабочее движение при МАО – вращение вокруг оси кольцевой ванны без вращения образцов вокруг собственной оси. Для формирования МАИ была выбрана гамма порошковых материалов, отличающихся размерами, формой и физико-механическими свойствами частиц: равноосные осколочные порошки Ферромап с размером частиц 630/400 мкм и 200/100 мкм, неравноосные осколочные порошки типа ДЧК, СП-17 с размером частиц 1000/630 мкм, неравноосные округлые порошки типа Царамам, фракции 630/400 мкм, равноосные округлые порошки типа ПР Р6М5 (200/100 мкм) и S330 (1000/630 мкм). МАО выполняли в течение 1 мин. при скорости перемещения образцов вокруг оси кольцевой ванны  $V = 3,5$  м/с, величине магнитной индукции в рабочих зазорах 0,25 Тл. Обработку выполняли как с дополнительным восстанавливающим и стабилизирующим форму и свойства МАИ стержневым

элементом, так и без него. Характерный вид результатов исследований представлен в виде круговых диаграмм на рис.1.

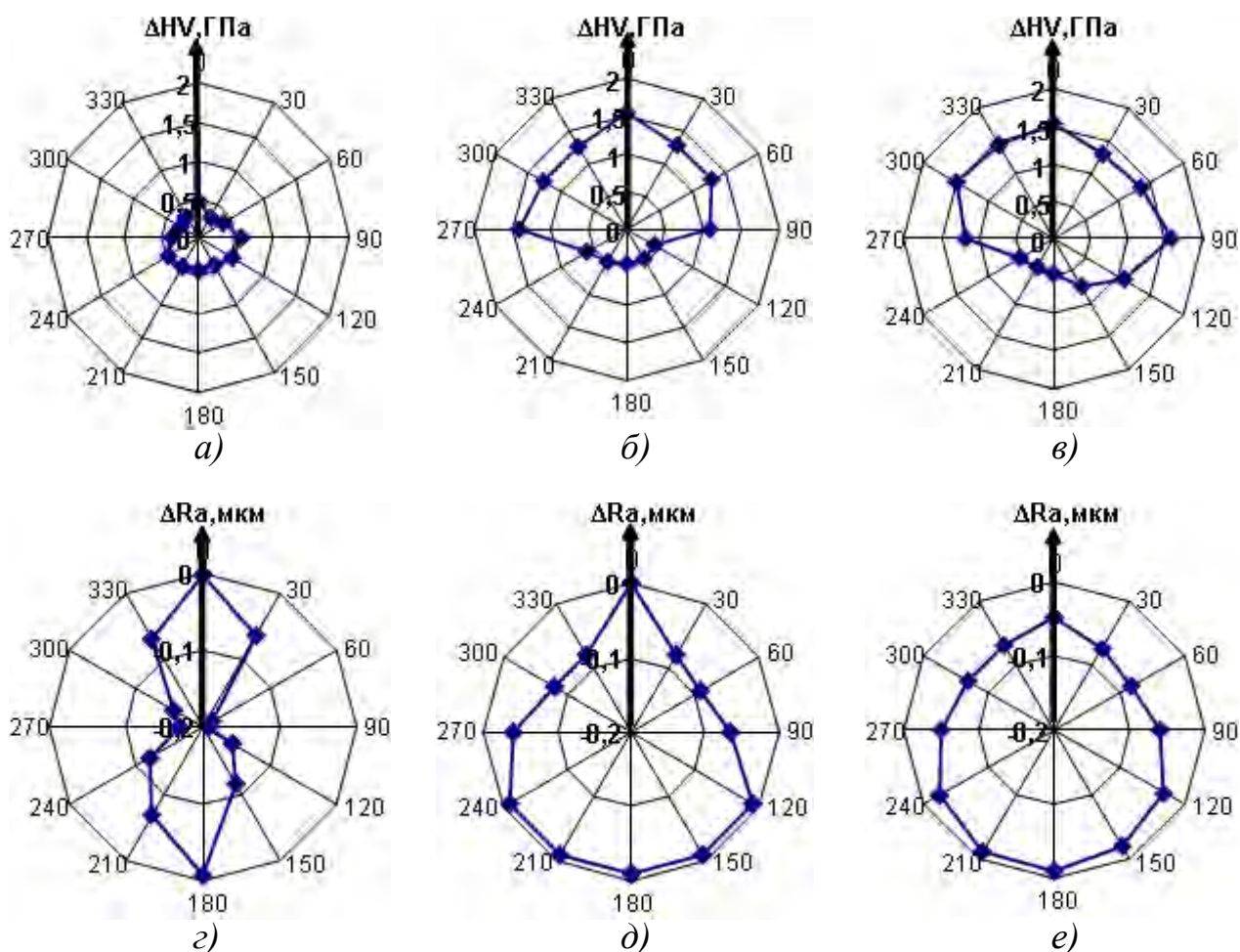


Рисунок1 - Изменение поверхностной твердости (а,б,в) и шероховатости образцов (z,д,е) в различных зонах по внешней цилиндрической поверхности после MAO порошками: а,з) Ферромап (630/400), б,д) ДЧК (1000/630), в,е) S330 (1000/630) с использованием восстанавливающего стержневого элемента

Результаты проведенных исследований показали, что наибольшая упрочняющая способность характерна при использовании в процессе MAO округлых порошков с размером частиц более 400 мкм, а полирующая – при использовании осколочных, равноосных. Для подтверждения полученных результатов в условиях максимально близких к условиям обработки осевого быстрорежущего инструмента была проведена дополнительная серия экспериментов в которых дополнительно обеспечивалось вращения образцов вокруг собственной оси с частотой вращения 950-1000 об./мин.

При этом скорость вращения вокруг оси кольцевой ванны составляла 0,5 и 3,5 м/с. MAO выполняли порошками Ферромап (630/400 мкм) и S330 (1000/630 мкм). После обработки порошком Ферромап было получено улучшение параметра Ra на 40 %. Изменение скорости вращения образцов вокруг собственной оси не оказало влияния на степень наклепа поверхностного слоя образцов, которая составила 0,11. После обработки крупным округлым порошком S 330 шероховатость поверхности улучшилась на 20-23%. При этом степень наклепа поверхностного слоя образцов после MAO со скоростью вращения вокруг оси кольцевой 3,5 м/с была практически в 2 раза выше, чем при скорости вращения 0,5 м/с и составила величину 0,21 против 0,12.

## ОБРОБКА ОТВОРІВ У ВУГЛЕПЛАСТИКУ

**Максименко М.В., Глоба О.В.**

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

[max999b@gmail.com](mailto:max999b@gmail.com)

Свердління композиційних матеріалів є найбільш поширеною операцією їх механічної обробки. В силу того що композиційні матеріали є анізотропними, характеризуються високою міцністю армуючих елементів при невеликій міцності матриці, володіють високою абразивною здатністю і низкою теплопровідністю їх свердління дуже специфічне, супроводжується різноманітними пошкодженнями навколо отворів. Для обробки в основному використовують свердла, але за рахунок високої осьової сили при обробці виникають наступні дефекти: розшарування, ворсистість, припалення, сколювання[1-3]. Одним з варіантів зниження негативного впливу осьової сили є розробка нової конструкції свердел з покращеною геометрією.

Розшарування являється серйозною проблемою для надійності конструкцій в авіабудуванні, машинобудуванні та інших напрямках застосування композитів. Особливо велика вірогідність росту тріщини під час розтягуючих навантажень, це може призвести до спучування слоїв, також зменшується міцність під дією циклічних навантажень. На відміну від інших дефектів, розшарування зменшує не тільки загальну міцність деталі, за рахунок зміни структури але й час її експлуатації.

Цілю роботи являється дослідження якості обробки отворів в композиційних матеріалах, а саме вуглепластиках з використанням кільцевого свердла Р6М5  $\varnothing 10$ мм [4].

Для порівняння було взято спіральне свердло  $\varnothing 10$  мм рис.2 з швидкорізальної сталі та вибрано геометрію ріжучої частини згідно з рекомендаціями наведеними в [5] а саме: передній кут  $\gamma=10^\circ$ , задній кут  $\alpha=15^\circ$ ,  $2\phi=100^\circ$ .

Експеримент проводився на свердлильному верстаті з ручною подачею при різних швидкостях різання: рекомендованою [5] 0,2м/с, та збільшеною в 2-ва рази 0,4м/с. Ручна подача була вибрана з міркувань наближення процесу до реального виробництва, і була в межах 0,01 мм/об. В ході експерименту було виконано оброблення отворів на даних режимах різання кільцевими свердлами з переднім кутом на стрічці  $8^\circ$  та  $0^\circ$ .

За результатами експерименту свердління кільцевим свердлом дає кращий результат. В отворах оброблених ним відсутня бахрома також спучування на вході в отвір. На виході з отвору було виявлено незначне відшарування, це пояснюється тим, що внутрішня поверхня свердла спричиняє стопоріння «таблетки» яка утворюється під час свердління, що призводить до зриву матеріалу та підвищення осьової сили.



Рисунок 1 - Кільцеве свердло для обробки вуглепластику



Рисунок2 - Спіральне свердло для обробки вуглепластику

Також як і при свердлінні спіральним свердлом збільшення швидкості різання призводить до сильнішого нагріву інструменту через більше тертя внутрішньої поверхні яка має велику площу об «таблетку».

В ході дослідів був проведений аналіз зносу різальних кромки кільцевого свердла, та виявлено значний знос по задній поверхні свердла з позитивним кутом нахилу різальної кромки, при вершині основних зубів. Це пояснюється тим, що зона зносу є максимально навантажена при даній конструкції і сама перша вступає в процес різання.

Зменшити знос можна за рахунок негативного кута нахилу різальної кромки. Так як видно з оброблених отворів кільцевим свердлом з 0-м кутом, їх якість залишається на тому ж рівні, що й отворів з позитивним кутом. І в випадку з 0-м кутом нахилу різальної кромки знос вершини зуба значно менший, так як розподіл навантаження по кромці стає рівномірним.

**Література:** 1. Durão P. M. L. Machining of hybrid composites [Text] // Thesis, FEUP, Porto, 2005. – 245. 2. An optimise drilling process for an aircraft composite structure using design of experiments [Text] / M. K. A. Mohd Ariffin, M. I. Mohd Ali, S. M. Sapuan, N. Ismail // Journal of Scientific Research and Essay, 2009. – V.4, N 10. – P. 1109-1116. 3. Delamination analysis of carbon/epoxy plates after drilling / P. M. L. Durão, A. G. Magalhães, J. M.R. S. Tavares, A. Torres Marques // [http://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/artigos/IJMPT08Dura\\_o\\_et\\_al.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/artigos/IJMPT08Dura_o_et_al.pdf). 4. Максименко М.В. Глоба О.В. Тези доповідей загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки секція „Машинобудування” підсекція “Інтегровані технології машинобудування” Київ, НТУУ „КПІ”, 2014, с. 56-58 5. Степанов А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 176 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ УГЛЯ ИЗ БУНКЕРА В МОДУЛЬНУЮ КОТЕЛЬНУЮ УСТАНОВКУ

**Малыгин Ю.Н., Субботин О.В.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

В связи с тенденцией повышения стоимости газа целесообразным является вариант использования в качестве теплоносителя отечественный уголь, так как газа в Украине хватает только на коммунальные нужды.

Предметом исследований является процесс подачи угля из бункера в модульную котельную установку путем разработки соответствующей системы автоматизации. Это позволит улучшить основные показатели экономической эффективности производства тепла: повысить производительность за счет сокращения подготовительного этапа подачи угля; снизить аварийность на производстве.

Система подачи угля с бункера в котельную установку предназначена для приема суточного запаса, хранения, дозированной выдачи и загрузки необходимого материала в котельную установку и включает в себя: бункер, гидростанцию с двумя гидроцилиндрами, скребковый конвейер, два сервопривода для гидростанции и конвейера.

Основными недостатками является промёрзший уголь, который приходится разбивать с применением рабочей силы.

Так как в зимнее время происходит промерзание угля необходимо за счёт теплоносителей самой котельной сделать утеплённую площадку под самим бункером. Это предотвратит промерзание угля и улучшит его эффективность сгорания в топке.

В зимнее время желательно использовать подогрев масла в маслостанции для более эффективной работы котельной. К примеру, установка ТЭНа в бак с маслом.

Более эффективно применение вместо одноцепного конвейера двуцепной, что предотвратит перекося скребков, во время движения и подачи материала угля.

Можно применять в самом бункере вибраторы для создания сыпучих фракций.

Проведенный анализ позволил выделить перечень технологического оборудования, определить режимы работы и эксплуатационные характеристики, а также контролируемые и регулируемые параметры, перечень критических и опасных значений параметров процесса.

Модернизация системы автоматизации подачи угля путем внедрения автоматизированной системы управления позволит не только снизить энергозатраты при подаче угля в модульную котельную установку, но и улучшить технико-экономические, технологические и технические параметры котельной установки в целом.

## ЗНИЖЕННЯ ПОХИБОК ОБРОКИ ВІД ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ІНСТРУМЕНТА НА ОПЕРАЦІЯХ РОЗТОЧУВАННЯ

**Мельник М. С.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

У переважній більшості випадків механічної обробки пружні деформації технологічної системи не є суттєвою проблемою. Жорсткість сучасних верстатів і інструментів цілком достатня для отримання високої точності обробки на чистових та напівчистових операціях. Але є випадки в яких пружні деформації інструмента, який не може бути достатньо жорстким за конструктивних умов, створюють вирішальний вплив на точність обробки і становлять суттєву проблему. До таких випадків належать операції розточування на токарних верстатах отворів зі співвідношенням довжини до діаметра більше 4...5.

На верстатах з ЧПК пружні деформації розточувального різця принципово можуть бути досить просто скомпенсовані відповідним зміщенням привода поперечної подачі, але для цього треба з високою точністю вимірювати саму деформацію. Безпосереднє вимірювання пружної деформації різця пов'язане з суттєвими конструктивними проблемами і може бути реалізоване хіба що в лабораторних умовах. Для промислового використання автором розроблено спосіб непрямого вимірювання пружних деформацій інструмента через сили різання.

Сутність способу полягає в наступному. Відома жорсткість інструменту, що може бути виміряна або розрахована, вводиться оператором до системи ЧПК як один з параметрів інструмента. Система ЧПК оснащується засобами вимірювання струму двигуна поперечної подачі, по якому розраховується сила різання, а в програму електроавтоматики додається спеціальний алгоритм. Цей алгоритм по вимірянній складовій сили різання  $P_y$  і відомій жорсткості різця розраховує його пружну деформацію і вводить відповідну компенсацію в значення координати поперечної подачі. Цей алгоритм виконується циклічно з періодичністю циклу електроавтоматики, що становить для різних систем ЧПК 3...30 мс.

На точність вимірювання сили різання суттєво впливає сила тертя в напрямних і в приводі поперечної подачі, яка на чистових режимах може перевищувати силу різання. Для вирішення цієї проблеми додатковий алгоритм у програмі електроавтоматики забезпечує безперервні коливання привода подачі з мінімальною амплітудою, але достатньою для зрушення супорта з місця (5...15 мкм). В такому режимі середнє між піковими значеннями виміряної сили становить силу різання без впливу сил тертя.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СО ВСТРОЕННЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ

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

Колебания длинного нежесткого инструмента типа расточных оправок до настоящего времени остаются серьезной проблемой, снижающей качество и точность обработки, а также надежность работы самого инструмента. Различными авторами разработано много устройств и способов гашения колебаний инструмента, но многие из них неприменимы для расточных оправок из-за неприемлемых габаритов и формы. Пригодными к использованию в такого рода инструментах можно считать только гидравлические виброгасители, встроенные в державку. Однако поиск соответствующей методики расчета для таких виброгасителей, проведенный автором не принес положительных результатов. В связи с этим была разработана математическая модель для описания работы встроенного виброгасителя вязкого трения.

В ходе исследований выявлено, что при фиксированной собственной частоте оправки и массе рабочего тела виброгасителя существуют оптимальные значения вязкости рабочей жидкости и сопротивления дросселя, при которых поглощение энергии колебаний максимально. Это соотношение параметров выражается одним параметром – коэффициентом демпфирования, оптимальное значение которого определяется по найденной зависимости:

$$\beta_{\text{опт.}} = 0,577 \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega},$$

где  $\omega$  – собственная частота оправки;  $\omega_0$  – собственная частота виброгасителя.

Кроме того, для предложенного варианта конструкции виброгасителя была найдена зависимость коэффициента демпфирования от конструктивных параметров, позволяющая найти их оптимальные значения:

$$\beta = 1,5 \frac{\pi l r^3 \mu}{h^3},$$

где  $l$  – длина поршня;  $r$  – радиус поршня;  $\mu$  – вязкость рабочей жидкости;  $h$  – зазор дросселя.

Целесообразность применения модели подтверждается тем, что при снижении  $\beta$  в три раза от оптимального значения поглощение энергии колебаний снижается на 50%, а при увеличении  $\beta$  в три раза от оптимального поглощение энергии снижается примерно на 70%.

# ПРОЦЕСС СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

**Мироненко Е.В., Гузенко Д.Е.**  
(ДГМА, г.Краматорск, Украина)

Стохастическая оптимизация, выполняемая гибридным алгоритмом методов искусственного интеллекта, состоит из следующих пунктов:

- формируется первоначальный набор параметров, так называемая популяция. Формирование первоначальной популяции выполняется на основании заданных границ оптимизации и установленных начальных значениях параметров генетического алгоритма;

- популяция подается на фильтрацию нейронной сетью. Когда популяция сформирована, она проходит проверку на адекватность с помощью нейронной сети. В случае если в сформированной популяции отсутствуют адекватные хромосомы – выполняется повторное формирование начальной популяции;

- для каждой из прошедших фильтрацию хромосом вычисляется значение целевой функции. После вычисления целевой функции для всех элементов популяции выполняется отбор лучших хромосом в соответствии с полученными значениями целевой функции;

- после выполнения сортировки хромосом по значению целевой функции, выбирается доля лучших комбинаций. Для лучших хромосом выполняется проверка значения целевой функции на достижение оптимума. Если оптимальные хромосомы получены – выполняется формирование Парето оптимального множества хромосом со значениями целевой функции;

- если значение оптимума целевой функции не достигнуто для лучших хромосом предыдущей популяции выполняются методы генетического алгоритма и формируется новая популяция.

Таким образом, получается итерационный процесс стохастической оптимизации целевой функции. Процесс оптимизации останавливается, когда различие значения целевой функции у хромосом различных популяций не превышает определенный процент от значения целевой функции.

Несомненным достоинством стохастической оптимизации является то, что она лишена недостатка «зависания» в локальных минимумах.

**Литература:** 1. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence.— London: Bradford book edition, 1994 —211 p. 2. Изучение функционирования нейронных сетей для определения оптимальных режимов резания / Мироненко Е.В., Богданова Л.М., Гузенко Д.Е. – Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: сб. статей. (Краматорськ, 2014 р.). – Краматорськ : ДДМА, 2014. – 108-112 с.



## НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Мироненко Є. В., Калініченко В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Специфічними особливостями токарної обробки деталей важкого машинобудування, що зумовлюють високі енерговитрати на обробку, є:

– великі значення потужності двигуна приводу головного руху (ПГР) верстату, що зумовлюють високий рівень абсолютних витрат енергії при заданому значенні питомих енерговитрат;

– великі припуски на обробку деталей, що зумовлюють високі силові навантаження в зоні різання;

– великі втрати енергії при роботі двигуна ПГР верстату на холостому ході під час заміни різальної пластини (різцевого блоку) внаслідок відмови.

В якості напрямів підвищення енергоефективності процесів механічної обробки деталей на важких токарних верстатах можна відзначити:

1) зниження витрат енергії на фізичні процеси у зоні різання;

2) зниження втрат енергії в механічній частині (трансмисії) ПГР верстату;

3) зниження втрат енергії в електричній частині ПГР верстату.

Найбільш перспективним напрямом підвищення енергоефективності обробки деталей на важких верстатах є зниження витрат енергії на фізичні процеси у зоні різання, оскільки воно забезпечується за рахунок оптимізації технологічних параметрів обробки та не вимагає модернізації ПГР верстатів.

Визначення оптимальних параметрів енергоефективних процесів токарної обробки деталей передбачає розв'язання задачі типу  $Q = \text{extr}\{f(x, \omega) | x \in D\}$  з системою обмежень загального вигляду:  $g(x, \omega) \leq 0$ ;  $f(x) \leq 0$ ;  $a_i \leq x_i \leq b_i$ , де  $f(x, \omega)$  – цільова функція;  $x$  – керовані параметри обробки;  $\omega$  – постійні параметри обробки;  $D$  – область припустимих значень керованих параметрів  $x$ , що визначається системою обмежень;  $a_i = \text{const}$ ;  $b_i = \text{const}$ . В якості цільової функції при визначенні енергоефективних параметрів токарної обробки доцільно взяти її питому енергомісткість  $e$ . Після вираження цільової функції через керовані параметри моделі (швидкість різання  $v$  та подачу

різця  $S$ ) 
$$e = \frac{C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}-1} \cdot S^{y_{P_z}-1} \cdot v^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z}}{6120} \rightarrow \min, \quad C_{P_z} = \text{const}; \quad t = \text{const};$$

$K_{P_z} = \text{const}$ , де  $C_{P_z}$  – коефіцієнт;  $t$  – глибина різання;  $x_{P_z}$ ,  $y_{P_z}$ ,  $n_{P_z}$  – показники ступеню,  $K_{P_z}$  – поправочний коефіцієнт на фактичні умови різання.

Область  $D$  припустимих значень керованих параметрів моделі, в якій виконується пошук екстремуму цільової функції, задається системою обмежень за лімітуючими характеристиками обробки, до яких у важкому машинобудуванні мають також увійти обмеження по часу роботи двигуна ПГР верстату на холостому ході.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

**Міранцов С.Л., Аносов В.Л.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

У сучасних економічних умовах роботи машинобудівних підприємств, нагальною потребою є не тільки безперервне зростання продуктивності механічної обробки і вимог до якості отриманих поверхонь, але і скорочення споживання енергетичних ресурсів.

У зв'язку з цим актуальною науково-технічною задачею є розробка і подальше впровадження енергоефективних процесів механічної обробки на верстатах і високотехнологічних комплексах.

Стосовно до важкого машинобудування, питання розробки та впровадження енергоефективних процесів розглянуті в нині не в повній мірі.

Серед параметрів процесу різання і технологічних систем важких і унікальних верстатів основними параметрами, які визначають потужність процесу обробки є: швидкість різання ( $V$ , м/хв), подача інструменту ( $S$ , мм/об), глибина різання  $t$ , мм), розміри твердосплавних пластин ( $h$ ,  $l$ , мм), а також такі властивості технологічної системи, як жорсткість та вібростійкість.

Стосовно до процесів фрезерування на важких і унікальних верстатах фрезерно-розточувальної групи одним із шляхів підвищення енергоефективності процесів є використання інструментальних систем, які використовують технологію ділення частини шару, що зрізується.

Для досліджень закономірностей протікання процесів фрезерування з поділом шару, що зрізується, а також визначення раціональної схеми поділу з точки зору зниження потужності фрезерування та поліпшення динамічних параметрів процесу, запропонована структурна і математична модель технологічної системи важких і унікальних верстатів фрезерно-розточувальної групи, яка включає в себе процес різання, еквівалентну пружну систему, супутні різанню процеси, а також враховує змінне навантаження на ріжучі елементи інструменту. Відмінною особливістю запропонованої структурної моделі є наявність підсистеми збірної інструмента, як окремої пружної підсистеми, включеної паралельно еквівалентної пружної системи верстата. Процес різання розглядається як система рівнянь, які визначають залежність складових сили різання від часу і технологічних факторів.

Проведені дослідження процесу фрезерування дозволили визначити раціональні схеми поділу шару, що зрізається для випадку торцевого фрезерування великогабаритних деталей, на основі яких запропоновано і впроваджено рекомендації для удосконалення конструкцій торцевих фрез.

## ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЗБІРНИХ ПРОРІЗНИХ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВАЖКОГО РІЗАННЯ

Міранцов С. Л., Калініченко В. В., Фурсов Д. В.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В якості прогресивної конструкції вузла кріплення різальної пластини збірного прорізного токарного різця для важкого різання запропонована наведена на рисунку 1 конструкція, що передбачає використання твёрдосплавної різальної пластини підвищеної міцності з уступом під прихоплювач (ТУ 48-19-373-83). Різальна пластина закріплюється шляхом притискання її прихоплювачем до опорної пластини за допомогою уступу.

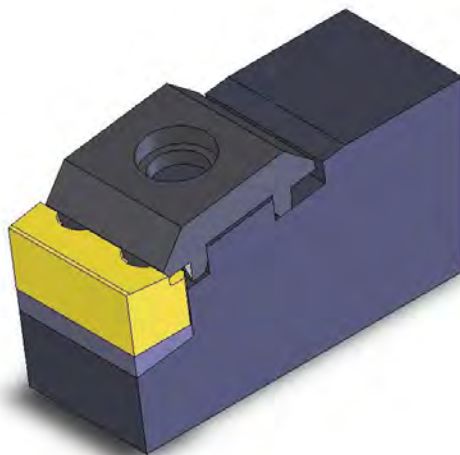


Рисунок 1 – Прогресивна конструкція вузла кріплення різальної пластини збірного прорізного токарного різця для важкого різання

Наведена конструкція має два конструктивних виконання (рисунок 2) з базуванням різальної пластини відповідно з «нижнім» (рис. 2 а) або з «верхнім» (рис. 2 б) упором. Відстань  $l$  за вертикаллю між радіальною складовою  $P_y$  сили різання та силою реакції  $R_y$  і, відповідно, скидуючий момент від дії сили  $P_y$  на різальну пластину та ймовірність поломки пластини за уступом значно менші для схеми базування різальної пластини з «верхнім» упором (рис. 2 б), що зумовлює вибір її в якості пріоритетної.

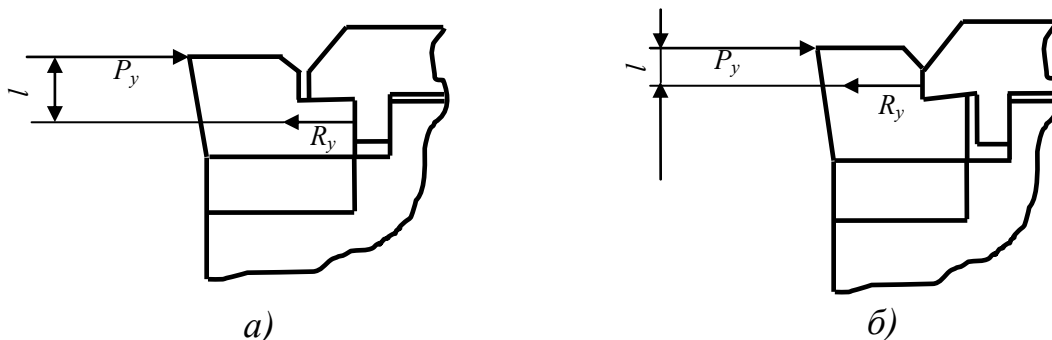


Рисунок 2 – Схеми базування різальної пластини у вузлі кріплення збірного прорізного токарного різця для важкого різання: а) базування з «нижнім» упором; б) базування з «верхнім» упором

# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО АНТИФРИКЦИОННОГО СЛОЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

**Олейник С.Ю., Журавлева А.Н.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Подшипники скольжения, которые используются в конструкциях прокатных станов в качестве опоры валков, передают усилия, возникающие при деформации металла на станину, и удерживают валки в заданном положении. Особенностью работы подшипников прокатных станов является высокая удельная нагрузка. Подшипник жидкостного трения (ПЖТ) для валков прокатных станов относятся к агрегатным подшипникам. Конструкция узла ПЖТ состоит из втулки-цапфы, которая насажена по шпонке на коническую шейку вала и вращается вместе с ней, втулки-вкладыша с гидродинамическими карманами и отверстиями для подвода масла, установленной в подушке валка прокатного стана. В процессе работы силы сопротивления в ПЖТ сводятся к внутреннему трению в слое масла, который разделяет контактные поверхности.

Работа подшипника сопровождается износом вкладыша и цапфы, что нарушает правильную работу механизма прокатного стана и самого подшипника. Долговечность антифрикционного слоя (АС) втулки-вкладыша зависит от большого количества факторов, определяемых технологией его нанесения, совершенствование которой является сегодня актуальной задачей. Материалы, из которых изготовлены втулка-вкладыш и втулка-цапфа, должны образовывать антифрикционную пару. Для крупногабаритных ПЖТ прокатных валков применяют баббиты, в основном баббит Б83, который имеет такой недостаток как низкую усталостную прочность, что сказывается на устойчивости АС и его выкрашивании при эксплуатации. Микроструктура баббитового слоя является важным элементом, который влияет на работоспособность в подшипнике скольжения, особенно если его толщина составляет менее одного миллиметра, поэтому к материалу предъявляются такие требования как однородность структуры, пониженная твердость (НВ 15-20), повышенная сопротивляемость усталостного разрушения. Прочность сцепления АС определяет работоспособность подшипников и достигается с помощью различных методов нанесения этого слоя, состоящих послойного нанесения различных материалов. Работоспособность ПЖТ также обеспечивается их конструктивными особенностями, качеством и точностью поверхности АС и качеством масла, что гарантирует наличие требуемого масляного клина.

Технологический процесс получения антифрикционной поверхности состоит из этапов подготовки подложки, нанесения промежуточных слоев или слоя, нанесения непосредственно АС и последующая его обработка для получения требуемого качества и точности поверхности. Применение материалов для промежуточных слоев с высокой прочностью сцепления с материалом подложки позволяет повысить прочность антифрикционной поверхности. Возможность управления температурным режимом позволит повысить качество сцепления путем создания определенной энергии связи атомов в решетках материала подложки. Получение мелкозернистой структуры может быть достигнуто при возможности управления скоростью охлаждения, а также применением дополнительного воздействия, такого как наложение колебаний на инструмент или заготовку, использование поверхностного пластического деформирования. Управление режимом охлаждения нанесенного слоя позволит снизить его пористость.

Жесткие требования к качеству и точности антифрикционной поверхности одновременно с требованиями к энергоэффективности и ресурсосбережению технологии их изготовления, определяет необходимость в разработки новых технологий. Значительное количество факторов, влияющих на структуру, а значит и на физико-механические свойства баббитовой поверхности показывают необходимость разработки комбинированного метода нанесения покрытия.

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ЗМІННИХ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВИХ НАСОСІВ ДВОСТОРОННЬОЇ ДІЇ

**Остапович В.В.**

*(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна)*

Проведений аналіз умов роботи поршневих насосів двосторонньої дії та характеру руйнування втулок циліндрових, поршнів, штоків поршнів та кілець гумових ущільнень показав, що ці деталі працюють в середовищі промивальної рідини при знакозмінних навантаженнях, які викликані розрідженням та дією високих тисків за підвищених температур при швидкостях відносного переміщення рухомих деталей біля 1,6 м/с в умовах реверсивного тертя і виходять з ладу внаслідок корозійно-механічного зношування та втомного руйнування. В окремих випадках має місце локальне інтенсивне гідроабразивне зношування струменем промивальної рідини з абразивом (частинки гірської породи, які мають високу твердість), в результаті чого відбувається промивання робочої поверхні деталей. Для надійної роботи змінних деталей гідравлічної частини поршневих насосів необхідно забезпечити високу твердість робочих поверхонь (відношення мікротвердості матеріалу деталі до мікротвердості частинок гірської породи –  $H_M/H_A > 1$ ), а також і високу корозійну стійкість.

Для підвищення якості електрохімічних хромових покриттів був розроблений технологічний процес і обладнання для нанесення покриттів у проточному електроліті. З метою раціонального використання всієї товщини хромового покриття і запобігання його провалювання під дією контактних навантажень здійснюють поверхневе гартування деталі струмами високої частоти на глибину 2...3 мм перед нанесенням покриття. Оскільки хромове покриття має більш позитивний електродний потенціал у порівнянні зі сталлю, то після поверхневого гартування деталі запропоновано проводити фрикційне зміцнення гартованого шару, для отримання білого шару, який слабо травиться, і в свою чергу має більш благородний електродний потенціал ніж сталь, що сприяє зменшенню різниці електродних потенціалів у гальванічній парі. Досліджено вплив технологічних параметрів процесу хромування: масового співвідношення концентрацій компонентів електроліту, густини струму, швидкості потоку електроліту і температури на мікротвердість, зношування, шорсткість поверхні та конусоподібність деталі. Проведено планування експерименту і оптимізацію для забезпечення отримання мінімальної величини зношування, а необхідні параметри шорсткості поверхні покриття запропоновано отримувати на операції алмазного шліфування.

Побудовано математичну модель операції зовнішнього круглого алмазного шліфування хромового покриття з використанням технічних обмежень і визначено оптимальну швидкість обертання деталі та подачу стола верстата при обробці штоків. Встановлено допустимі рівні навантажень для деталей з хромовими покриттями. Зміцненні деталі поршневих насосів за розробленою технологією показали більший ресурс роботи порівняно із серійними.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДРІЗНИХ ДИСКОВИХ ФРЕЗ НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ

Парненко В. С., Охрименко О.А., Равська Н.С.

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Дискові фрези і пили широко використовуються в заготівельному виробництві для різки сортового прокату, а також в основному виробництві для відрізання та прорізання пазів в заготовках. Процес відрізання цим інструментом характеризується важкими умовами роботи фрез в замкнутому просторі при одночасній роботі декількох зубів з досить короткою головною різальною кромкою і двома допоміжними з несприятливою геометрією, що значно знижує працездатність інструменту та продуктивність процесу відрізання.

Підвищення працездатності дискових фрез та продуктивності операцій відрізання та прорізання ними здійснюється за рахунок удосконалення їх конструкцій. Основними напрямками яких є застосування прогресивних схем різання та удосконалення профілю і розташування стружкових канавок, використання фрез з нерівномірним кутовим кроком та фрез з компенсаційними прорізами та отворами.

Дослідженнями проведеними в НТУУ «КПІ» в співдружності з фірмою «Logosh» встановлено, що відрізни фрези діаметром 200 – 400мм характеризуються невеликою динамічною стійкістю, що є основною причиною заниженої їх працездатності, продуктивності процесу відрізання та підвищеним рівнем шуму. Цих недоліків позбавлені фрези з нерівномірним кроком зубів.

Проте технологія їх виготовлення можлива тільки на спеціалізованих верстатах з ЧПК. Тому запропоновано виготовлення дискових відрізних фрез здійснювати на зубофрезерному верстаті фасонними обкатними фрезами. При цьому реалізується принципова нова схема нарізування дискових фрез з нерівномірним кроком зубів. Це досягається за рахунок зміни кутового року різучих зубів інструмента, тобто кутовий крок зубів обкатної фрези приводиться в відповідність кутовому кроку зубів в групі нарізаємої дискової фрези і зміщення зубів обкатної фрези вздовж її осі.

Виготовлення відрізної фрези на зубофрезерному верстаті дозволяє значно знизити витрати в порівнянні з вишліфовкою зубів та зменшити час на її виготовлення.

## СТАТИЧНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНСТРУМЕНТУ

**Равська Н.С., Вовк В.В.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Аналіз геометричних параметрів вздовж різальної кромки будь-якого інструмента дозволяє в певній мірі на стадії проектування прогнозувати його працездатність та призначати більш доцільні геометричні параметри для заданих умов експлуатації. Найбільш точно кути, які спостерігаються в процесі різання, відповідають кутам, визначеним в кінематичній системі координат. Для більшості інструментів швидкість подачі незрівнянно мала в порівнянні зі швидкістю головного руху різання, тому цим рухом нехтують і визначають кути в статичній системі координат. У загальному випадку інструментальні геометричні параметри різальної частини не співпадають зі статичними геометричними параметрами.

Методика аналітичного визначення геометричних параметрів базується на положеннях векторної алгебри, що спрощує проведення розрахунків в сучасних програмних продуктах. В той же час графічне визначення геометричних параметрів інструменту є більш наочним і враховує конструкцію кожного з досліджуваних інструментів.

В більшості літературних джерелах статичні геометричні параметри інструменту показані, здебільшого, на прикладі прохідного різця, а отримані залежності не завжди є придатними для аналізу впливу одного параметру на інший та не можуть бути узагальнені внаслідок особливостей конструкцій інструментів.

У статичній системі координат передні і задні кути задаються в головній січній площині або нормальній січній площині (в нормальному до різальної кромки перерізі). В той же час у інструментальній системі координат ці кути можуть задаватися в різних перерізах. Тому виникає задача визначення статичних передніх і задніх кутів в головній січній площині при відомих інструментальних кутах в заданому, наприклад, поперечному чи перпендикулярному до різальної кромки перерізах.

Розглядаючи графічне вирішення цієї задачі отримані аналітичні залежності для розрахунку статичних головних переднього  $\gamma_c$  і заднього  $\alpha_c$  кутів у разі задання інструментальних кутів в перерізах або січних площинах, які не є паралельним головній січній площині. За наведеними залежностями можна також розраховувати кінематичні геометричні параметри, підставивши в них проекції вектора швидкості результуючого руху різання замість проекцій вектора швидкості головного руху різання. Величина кута  $\tau_N$  також дозволяє проаналізувати наскільки змінюються геометричні параметри інструменту при переході від інструментальної до статичної або кінематичної систем координат.

## ЗАХИСНЕ СКЛІННЯ НА ОСНОВІ БАЗОВИХ БЛОКІВ

<sup>1</sup>Родічев Ю.М., <sup>1</sup>Сорока О.Б., <sup>2</sup>Ковальов В.Д., <sup>2</sup>Васильченко Я. В.  
(<sup>1</sup>ІПМіц НАН України, м.Київ, Україна, <sup>2</sup>ДДМА, м.Краматорськ, Україна)  
[rum40a@gmail.com](mailto:rum40a@gmail.com)

Розвиток систем прозорого захисту іде за рахунок зменшення уразливості блоків шляхом підвищення їх ударної стійкості, зменшення їх розмірів і оптимізації форми та застосування різних за ефективністю технічних рішень для зменшення вартості і розширення сфер застосування. В Інституті проблем міцності НАН України розроблено концепцію створення систем захисту на основі базових прозорих ударостійких елементів, яка передбачає оптимізацію типорозмірів захисних блоків, елементів обрамлення та кріплень за критеріями ударної стійкості та техніко-економічної ефективності для масового застосування. Основою таких систем захисту є типизовані за формою базові прозорі блоки обмежених розмірів з різним ступенем ударної стійкості. Для забезпечення належного обсягу практичного застосування необхідно передбачити використання виробничих потужностей підприємств вітчизняної скляної та машинобудівної промисловості.

Створено багатошарові структури та виготовлено базові блоки з вагою до 30кг, товщиною до 100мм та рівнем стійкості до 2 класу стійкості за STANAG 4569, 6класу згідно ДСТУ4546:2006 (EN 1063:1999). При розробці структур прозорих блоків враховувались особливості основних технологій виготовлення багатошарового ударостійкого скла: автоклавної, вакуумної, полімерної заливки. У співпраці з провідними вітчизняними виробниками скління ПАТ «Спецтехскло - А», ТОВ «Альтіс-гласс», ПАТ «Завод скловиробів» розроблено різні типи зразків ударостійких блоків. Запропоновано основні типи базових блоків для систем захисту різних об'єктів. Орієнтовні оцінки маси основних типів блоків показують, що мінімальна маса блоків без оправ та елементів армування може коливатися у межах 2,2...6,0 кг, максимальна маса не перевищує 8,2...25,0 кг. У складі збірних ударостійких систем захисту застосовуються прозорі скляні блоки з прямокутними та інших форм торцями без обрамлення, з металевим обрамленням, міцними дистанціями для підвищення міцності краю і утворення вузлів з'єднань та з елементами додаткового армування торців склоблоків або ущільнення вузлів з'єднань. Конструкція рамки може включати елементи кріплення, зварні вузли та отвори для механічного закріплення блоків у силовій структурі системи. Складання блоків з металевими рамками проводиться з використанням адгезійних матеріалів, герметиків, ущільнюючих прокладок за технологією, що враховує крихкий характер руйнування торців скла, геометрію торців скляних ламінованих пластин. Силова частина збирається з спеціальних типових профілів. За основу приймаються прямокутні елементи, таврові елементи, кутові профілі. Для обрамлення контуру експериментальних зразків конструкцій скління допускається застосування конструкційної сталі, а також броньованої сталі.

З урахуванням особливостей виробництва ПАО «Краматорський завод важких верстатів» (ПАО КЗВВ) розроблено креслення для виготовлення обрамлення пілотного зразка системи захисного скління 3 - 4 класів стійкості для укріплення спостережних отворів розмірами 600x600x40мм на основі прозорих базових блоків 300x300x40мм. Вся конструкція блоку виконана зі смугових заготовок конструкційної та броньованої сталі з метою економії матеріалу і збирається методом електрозварювання. Визначено режими обробки та зміцнення матеріалів елементів з'єднань та кріплень. Розроблено технологічну документацію та відпрацьовано технологію на виготовлення та складання експериментальних з'єднань блоків та кріплень пілотного зразка систем прозорого захисту. Визначено склад верстатів та обладнання для виготовлення експериментально - дослідних зразків, на основі чого створено дослідно-промислову дільницю для виготовлення елементів кріплень та з'єднань систем броньованого захисту.



## НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИГОТОВЛЕННЯ, ЗМІЦНЕННЯ І СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

**Роп'як Л. Я.**

*(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна)*

Алюмінієві сплави характеризуються високою питомою міцністю, добре піддаються обробці різанням і пластичному деформуванню. Собівартість механічної обробки деталей з алюмінію нижча ніж сталевих. В нафтогазовій промисловості застосовують алюмінієві сплави як конструкційні матеріали для виготовлення деталей або використовують для нанесення покриттів на сталь. Вказані матеріали мають високу корозійну стійкість в технологічних середовищах при бурінні свердловин, видобутку, транспортуванні та переробці вуглеводневої сировини, крім цього вони не схильні до наводнення у сірководневих середовищах. Однак низька зносостійкість алюмінієвих сплавів обмежує сфери їх застосування. Перспективним напрямком підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів і покриттів є застосування функціонально орієнтованих технологій, які забезпечують формування на поверхнях деталей оксидних шарів. Із цілого ряду способів нанесення оксидних покриттів вигідно вирізняється мікродугове (плазмово-електролітичне) оксидування (ПЕО).

Дослідження процесу мікродугового оксидування проводили на зразках із ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів, а також на алюмінієвих покриттях, напилених на сталеву основу газотермічним методом (електродуговим і плазмовим). Оксидні покриття формували за розробленою нами технологією, для реалізації якої була розроблена установка для ПЕО, яка містить гальванічну ванну та системи: живлення, керування, вимірювання, перемішування електроліту, охолодження електроліту, завантаження та закріплення деталей, витяжної вентиляції, огороження, блокування. Технологічний процес ПЕО містить такі основні операції: підготовка поверхні, формування оксидного покриття, промивання та сушіння деталі.

Досліджено вплив технологічних параметрів процесу (складу електроліту, густини струму, швидкості потоку електроліту і температури) ПЕО ливарних, деформованих алюмінієвих сплавів і покриттів на мікротвердість, зношування, корозійну стійкість та стійкість до розтріскування, рівномірність робочого шару оксидного покриття. Для оптимізації технологічних параметрів ПЕО застосовували метод математичного планування експерименту. Обґрунтовано співвідношення товщин нижнього алюмінієвого і верхнього оксидного шарів покриття, сформованого на сталевій основі. Досліджено процес механічної обробки деталей з оксидними покриттями. Встановлено, що оксидні покриття мають високу мікротвердість та залишкові напруження стиску, і визначено допустимі рівні навантажень для деталей з покриттями.

Розроблено засоби кріплення деталей з алюмінієвих сплавів і досліджено процес складання виробів із алюмінієвих сплавів для отримання попередньо напружених конструкцій.

Деталі, зміцнені оксидними покриттями, показали більший ресурс роботи порівняно із серійними.

## ШЛИФОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТАРЕЛЬЧАТЫМИ КРУГАМИ

**Рябченко С.В.**

*(ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина)*

Зубошлифование является одним из основных способов финишной обработки закаленных зубчатых колес. Оно предназначено для устранения деформаций, возникающих при химико-термической обработке. Шлифованием обеспечивается 3–6 степень точности зубчатых колес и шероховатость поверхности  $Ra$  0,20–1,2.

Шлифование прецизионных и высокоточных зубчатых колес с внешними прямыми и косыми зубьями производится по методу обката на зубошлифовальных станках, работающих двумя абразивными кругами.

Существенными недостатками шлифования тарельчатыми кругами является низкая производительность и высокая стоимость технологической оснастки. Повышение производительности зубошлифования при сохранении достаточно высокой точности – основной путь совершенствования этого метода. В связи с этим были созданы круги для зубошлифования из сверхтвердых материалов.

Целью наших исследований было изучение работоспособности тарельчатых кругов и разработка на их основе технологии финишного шлифования зубчатых колес.

Исследование осуществляли на специальном стенде, созданном на базе зубошлифовального станка модели 5891. Шлифовались зубчатые колеса из стали ХВГ (59–61 НРС) с модулем  $m = 6$  мм, числом зубьев  $z = 21$ .

Сравнение зависимостей мощности шлифования зубчатого колеса кругами из электрокорунда и КНБ показало, что охлаждение снижает мощность шлифования в 1,5–2 раза при использовании кругов из КНБ. При использовании кругов из электрокорунда охлаждение уменьшает мощность шлифования всего на 20–40%. На всех исследуемых режимах обработки мощность шлифования кругами из КНБ меньше, чем кругами из электрокорунда на 20–30%.

Анализ проведенных экспериментов показал, что лимитирующим параметром точности обработки зубчатого колеса является размерный износ тарельчатого круга, который пропорционален количеству обработанных зубьев без правки. Величина износа круга определяет точность обрабатываемого зубчатого колеса. Изменение износа показывает, что после ускоренного периода приработки круга в течение первого прохода величина его в дальнейшем стабилизируется. В течение всей обработки мощность резания практически остается на одном уровне. Не изменяется и фактический съем материала, находясь в пределах 0,61–0,50.

Важнейшим принципом при разработке новых конструкций абразивных инструментов для зубошлифования принадлежит выбору надлежащих абразивных материалов и связки, а так же созданию нужной структуры шлифовального круга.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

**Рязанова-Хитровская Н. В., Пыжов И. Н.**

*(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)*

Процесс алмазного выглаживания является сравнительно новым и эффективным методом отделочно-упрочняющей обработки, применяемым для выглаживания наружных и внутренних поверхностей вращения с цилиндрическим, коническим или фасонным профилем, а также для обработки торцовых и плоских поверхностей. Он позволяет уменьшить высоту микронеровностей поверхности и повысить сопротивление усталости и износостойкость деталей. Этот процесс нашел применение в автомобилестроении, авиадвигателестроении, общем машиностроении и других отраслях промышленности.

Повышению эффективности алмазного выглаживания различных материалов посвящены многие работы, в которых на основании комплексного анализа этого процесса установлены значимые факторы контактного взаимодействия инструмента и заготовки, которые позволяют определять параметры качества деталей в зависимости от реализуемых параметров технологического процесса.

На основании анализа источников информации нами была выдвинута гипотеза о возможности повышения эффективности процесса выглаживания путем управления контактными напряжениями как в зоне спекания алмазного инструмента, так в зоне обработки на базе исследований НДС системы путем компьютерного 3D моделирования методом конечных элементов.

## СВАРИВАЕМОСТЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ И РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ В СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Семенов В.М., Кабацкий А.В., Мартыновская Е.В., Малыгина С.В.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При производстве тяжелого кузнечно-прессового, прокатного, металлургического и других видов оборудования в настоящее время широкое применение нашли низколегированные стали повышенной прочности, обеспечивающие получение предела текучести более 500 МПа (20ХНЗМ, 25ХНЗМФ, 08ГДНФ и др.). Применение сварки при производстве заготовок из данных сталей позволило использовать в одном изделии две или несколько разных марок сталей. При этом, использование ряда сталей тесно связано с вопросом изучения их свариваемости и, главным образом, сопротивляемости сварных соединений образованию холодных и горячих трещин.

В последнее время при изготовлении сварных конструкций, особенно из низколегированных сталей повышенной прочности, участились случаи образования в металле околошовной зоны трещин-надрывов. В этой связи, целью настоящей работы было изучение свариваемости низколегированных и разнородных сталей применительно к сварным изделиям тяжелого машиностроения. Для достижения этой цели ставились задачи изучения механизма образования трещин-надрывов при электрошлаковой сварке низколегированных сталей, а также определения сравнительной стойкости против образования трещин-надрывов сварных соединений из применяющихся на производстве сталей.

Как установлено, образование надрывов является следствием термомодеформационных процессов, происходящих в металле околошовной зоны. Одной из основных причин их образования являются возникающие в сварном соединении продольные растягивающие напряжения.

Для оценки сопротивляемости сталей против образования трещин-надрывов выбран количественный критерий – максимальная величина перемещения верхней кромки свариваемого образца ( $\Delta$ ), при которой в сварной соединении еще не появляются трещины. Изучена стойкость сварных соединений из сталей 08ГДНФ, 20ХНМФ, 16ГНМ, 25ХЗНМ и Ст. 3 к образованию этого типа дефектов. Наибольшей склонностью, из этих сталей, к образованию трещин-надрывов обладает сталь 25ХЗНМ, имеющая критерий  $\Delta = 3,2$  мм, наименьшей склонностью Ст. 3 при  $\Delta = 7,68$  мм.

В ходе исследований также установлено, что при электрошлаковой сварке разнородных сталей заготовка из стали, менее склонной к образованию трещин-надрывов, не влияет на критерий  $\Delta$  для стали с большей чувствительностью к их образованию.

Металлографические исследования показали, что трещины-надрывы в образцах идентичны тем, которые имеют место при электрошлаковой сварке крупных изделий, что указывает на возможность применения принятой методики для изучения трещин-надрывов.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Солодкий В.І., Глоба О.В.

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Деталі з складними поверхнями мають широке застосування в багатьох галузях. Для їх оброблення застосовується різальний інструмент із складною формою вихідної інструментальної поверхні (ВП) [1], що викликає необхідність корекції геометричних параметрів ріжучої частини за результатами обробки експертної партії деталей [2].

Для спеціального ріжучого інструменту гострим питанням є відновлення працездатності після переточки, яка є достатньо специфічною. Тому замість спеціального різального інструменту використовується стандартний. Однак після переточки він змінює форму та розміри, що викликає необхідність корегування програм. Отримання складної фасонної поверхні стандартним різальним інструментом можливо, використовуючи кінематичну подачу, яка залежить від величини допуску на виготовлення деталі.

Задачею дослідження є розробка стратегії та рекомендацій по вибору корекції величини подачі (кроку між стрічками) інструменту при обробленні фасонної складнопрофільної деталі.

Будемо розглядати такі поверхні. Номінальна поверхня деталі  $D$  визначена технічними умовами. Вихідна інструментальна поверхня ВП пов'язана з інструментом. Поверхня допуску  $D(\Pi)$ , яка є складовою номінальної поверхні деталі та допуску на її виготовлення. Номінальна поверхня деталі  $D$  відома та задана технічними умовами і є базою для визначення поверхні допуску  $D(\Pi)$ .

Поверхню допуску  $D(\Pi)$  будемо визначати в околиці розрахункової точки  $A$  контакту інструмента та номінальної поверхні деталі  $D$ . Радіус околиці точки позначимо як  $\Delta x$ . В такому випадку поверхню допуску  $D(\Pi)$  можливо представити трьома точками, які розташовані на відстані від номінальної поверхні деталі  $D$ . Такий спосіб визначення поверхні допуску  $D(\Pi)$  в околиці розрахункової точки  $A$  дає можливість застосувати для математичного опису поверхні  $D(\Pi)$  коло радіусу  $R_d$ , яке проходить через три точки поверхні  $D(\Pi)$ .

Поверхню інструмента опишемо як коло радіусу  $R_f$  фрези, що застосовується при обробленні деталі.

Розглянемо можливі варіанти взаємного положення поверхонь інструмента і деталі у процесі формоутворення. У разі, коли поверхня деталі в розрахунковій точці є випуклою, умови формоутворення не будуть порушені і оброблення фасонної поверхні деталі може бути здійснено.

При варіанті, коли радіус кривизни поверхні деталі  $D$  значно більший радіусу вихідної інструментальної поверхні (фрези), формоутворення також можливе. У той же час, у разі виникнення варіанту, коли радіус кривизни деталі менший за радіус кривизни інструменту, умови формоутворення будуть порушені, тому що вихідна інструментальна поверхня зріже частину поверхні деталі.

Із розгляду представлених варіантів можливо стверджувати, що вираз  $R_f < R_d$  є математичним записом можливості формоутворення.

Але для реалізації в керуючій програмі такого обмеження недостатньо, оскільки воно неоднозначно описує всі випадки. Це можливо зробити, врахува-

вши положення центра координат радіуса кривизни деталі  $Y_d$ , відносно радіусу кривизни інструменту  $Y_a$ . Остаточо, умову оброблення в розрахунковій точці можливо записати у вигляді  $R_f < R_d$  та  $Y_a > Y_d$ . Значення величин  $R_d$  в кожній розрахунковій точці можливо визначити за допомогою методики викладеної в [8]. Після перевірки виконання умови формоутворення в усіх розрахункових точках, можливо перейти до розрахунку величини зони контакту.

При розгляді двох сусідніх положень ВП твірних інструменту разом з поверхнею Д та Д(П) можна аналітично знайти геометричну ребристість поверхні. Геометричну ребристість поверхні обробленої деталі необхідно визначити для перевірки правильності вибору значень величин подач та для визначення величини її корекції у разі необхідності. Значення ребристості порівнюються з заданою величиною поля допуску на виготовлення поверхні Д.

Оскільки подача це неперервний процес, що характеризується переміщенням інструменту за проміжок часу, то і зони контакту розглядаються через дискретно визначений проміжок часу. Під поняттям "оптимальна подача" будемо розуміти, що сусідні зони контакту повинні перекриватися або дотикатися між собою.

Під поняттям "величина корекції подачі" для її оптимізації будемо розуміти чисельну зміну значення подачі. Вона розраховується для двох сусідніх положень інструменту, виходячи з умови дотику двох сусідніх зон контакту в площині допусків Д(П). Коли відстань  $S$  між двома сусідніми стрічками мала, то її необхідно корегувати (збільшити) на величину  $S_{кор}$ . Навпаки, коли відстань  $S$  між двома сусідніми стрічками занадто велика, то її необхідно корегувати (зменшити) на величину  $S_{кор}$  (мінус  $S_{кор}$ )

Отже, послідовність визначення величини корегування кроку між стрічками може бути такою. Для кожної розрахункової точки поверхні деталі Д визначаємо радіус кола, що імітує поверхню допуску Д(П). Розраховуємо параметри зони контакту поверхні допуску та вихідної інструментальної поверхні та і аналізуємо умови формоутворення. Залежно від наявних умов визначаємо величину корекції кроку між стрічками.

### **Висновки.**

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що для отримання поверхні деталі з однаковими параметрами шорсткості необхідно застосовувати кінематичні схеми руху інструмента, які характеризуються перемінним значенням кроку між стрічками.

Показано загальну методику визначення чисельної величини корегування подачі між стрічками руху інструменту, яка за умови максимальної продуктивності процесу формоутворення забезпечує потрібну шорсткість рівномірно розподілену по всій поверхні деталі.

Запропонована методика може бути застосована під час підготовки керуючих програм для багатокоординатних верстатів з числовим керуванням при формоутворенні складних фасонних поверхонь. Це насамперед відноситься до авіаційної та суднобудівної галузей машинобудування.

**Література:** 1. Радзевич С. П. Классификация рабочих поверхностей деталей и инструментов / С. П. Радзевич. – Днепропетровск: Днепропетровский индустриальный институт, 1988. – 185 с. 2. Погорелов А. В. Изгибание выпуклых поверхностей / А. В. Погорелов. – Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 184 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Струтинский В.Б., Ромашко А.С., Юрчишин О.Я., Иващенко О.В.**  
(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Повышение конкурентоспособности продукции на мировом рынке возможно за счет инновационной деятельности, существенно улучшающей структуру и качество производства, социальной сферы, направленной на использование и коммерциализацию результатов научных исследований и разработок. Такая деятельность предопределяет выпуск на рынок новых конкурентоспособных товаров и услуг. Вместе с тем, инновационная деятельность требует привлечения значительных средств на подготовку и запуск производства и связана со многими рисками. Поэтому актуальным является вопрос оценки инновационных проектов и определение их эффективности.

Первоочередной задачей при коммерциализации инновационной продукции является выявление возможных рисков на каждом этапе реализации технологии. Для определения и анализа основных рисков при реализации, жизненный цикл инновационного продукта условно разделяют на несколько этапов, определяют риски на каждом этапе, группируют общие риски.

Для эффективного анализа и разработки методов предотвращения рисков, рекомендуется определять отдельные (элементарные) риски реализации конкретного этапа и, по возможности, систематизировать их и ранжировать по степени важности. Решение поставленной задачи возможно с применением математического моделирования. Эффективность при построении математической модели можно обеспечить, если воспользоваться инструментарием нейронных сетей. Экономико-математическую модель анализа риска реализации инновационных проектов можно представить как многоуровневую нейронечеткую сеть типа персептрон с одним внутренним слоем.

**Литература:** 1. Грабарев А. В. Моделирование оценки имиджа туристско-рекреационного региона / Нейро-нечеткие технологии моделирования в экономике. - 2015, №4. – С. 1-15. 2. Национальный стандарт N4 "Оценка имущественных прав интеллектуальной собственности". – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1185-2007-%D0%BF>.

## РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ КОМПЛЕКТНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАМЕТРИЧНИХ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ

<sup>1</sup>Струтинський В.Б., <sup>2</sup>Чуприна В.М.

<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Державний науково-випробувальний центр ЗСУ, м. Чернігів, Україна)

Одним із сучасних напрямків розвитку світового машинобудування є принцип агрегування – складання конструкцій, зокрема металорізальних верстатів і роботизованих верстатних комплексів, з готових вузлів і модулів. До таких модулів відносяться комплектні шпиндельні вузли (КШВ) на опорах кочення (наприклад, механічні або електрошпинделі). Шпиндельні вузли є відповідальними вузлами обробних машин, які у великій мірі визначають їх якість при різанні, зокрема жорсткість (особливо динамічну).

Дослідження з оптимізації конструкцій КШВ зручно виконувати на основі параметричних 3D-моделей, що дає можливість, змінюючи варіативні параметри вузла, змінювати конструкцію в цілому. Параметризація дозволяє багаторазово використовувати один раз створену параметричну 3D-модель КШВ, що значно скорочує час на побудову нових її модифікацій, зокрема при моделюванні. Крім того, якщо для базових параметрів задати нормалізовані ряди розмірів, то за допомогою однієї параметричної 3D-моделі можна створити необмежений ряд типових конструкцій КШВ, який охоплює весь розмірний ряд верстатів даного типу.

Створені параметричні моделі основних стандартизованих елементів ШВ та оригінальних деталей оформлені у прикладні бібліотеки, що значно прискорює процес проектування і підвищують його якість. При зміні будь-яких з базових компоновочних параметрів 3D-модель автоматично перебудовується.

Розроблені параметричні моделі нормалізованих рядів КШВ можуть бути використані для запровадження в спеціалізованих САПР та у спеціалізованих виробництвах агрегатних вузлів, верстатів і комплексів.

На основі створених моделей КШВ здійснювалась багатокритеріальна параметрична оптимізація динамічної жорсткості конструкції з залученням теорії оптимального планування експерименту. Для прикладу, у вибраній моделі КШВ з метою візуалізації змінювались тільки два базових параметри – діаметр та довжина. Для кожного варіанту конструкції розраховувались динамічні характеристики в формі амплітудно-частотних характеристик. В якості критеріїв оцінки застосовувались статична податливість, перша резонансна частота; перша резонансна амплітуда .

Функції відгуку для окремих з перелічених показників мають екстремуми. Вони представлені поліномами другого порядку. Отримані раціональні параметри конструкції по кожному з критеріїв суттєво відрізняються (до 15-25%). Тому була застосована багатокритеріальна параметрична оптимізація за методом Парето. На сьогодні це є найбільш ефективний метод пошуку оптимуму в масиві неполіпшуваних рішень.



## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ МОБІЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ-РОБОТАМИ

<sup>1</sup>Струтинський В.Б., <sup>1</sup>Юрчишин О.Я., <sup>2</sup>Чуприна В.М.

(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Державний науково-випробувальний центр ЗСУ, м. Чернігів, Україна)

Здійснення високоточної обробки об'єктів у польових умовах мобільними верстатами-роботами потребує аналізу робочих процесів обробки та їх технологічного забезпечення.

Верстат-робот реалізовано на основі механізмів із паралельними кінематичними структурами. Несуча система верстата-робота складається із стрижневих просторових механізмів, які мають низьку жорсткість. Для підвищення жорсткості верстата-робота застосовано додатковий маніпулятор, встановлений на виконавчому органі верстата і закріплений на оброблюваному об'єкті. Кінематичні схеми верстата-робота і маніпулятора утворюють дуальні схеми механізмів з паралельними кінематичними структурами.

В процесі обробки має місце взаємний вплив стрижневих систем верстата і маніпулятора на процес обробки. Це потребує відповідного технологічного забезпечення точності обробки. В результаті досліджень встановлені закономірності деформативності пружних систем верстата-робота і маніпулятора. Визначені матриці жорсткості окремих складових пружної системи мобільного комплексу. В матрицях жорсткості виділені блоки, що визначають поступальну крутильну та сполучну жорсткість мобільного комплексу.

На основі проведених досліджень встановлена деформативність системи і визначено раціональні положення інструменту та траєкторій його руху, які забезпечують допустимі із умови точності обробки, взаємні зміщення інструмента і оброблюваного об'єкта.

Виконано аналіз причин і наслідків переміщення осьового інструмента в процесі обробки. Показано, що основною причиною похибок є недостатньо висока жорсткість несучої системи верстата-робота.

Відповідно обґрунтовані припуски на обробку, режими різання, число обертів осьового інструменту та швидкість подачі.

На основі досліджень сформульовані технічні пропозиції по раціональному технологічному забезпеченню точності обробки мобільними верстатами-роботами.

## ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СХЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

**Таган Л. В., Самоглядов А.Д.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Возможность изготовления деталей способамиковки оценивается с помощью баз ограничений, содержащих упрощенные расчетные соотношения и (или) рекомендации по определению значений предельных параметров, которые очерчивают область рационального применения технологических способовковки.

В случае необходимости анализа сложных схем формообразования с неоднозначной кинематикой течения металла используются расчетные программы, основанные на энергетическом подходе и анализе кинематически возможных полей пластического течения. Разработана база данных в виде матрицы плоских и осесимметричных кинематических модулей, имитирующих осадку, обжатие, разворот, растяжение и затекание в угол. Для решения осесимметричных задач на базе простых полей скоростей с элементами прямоугольной и треугольной формы в ДГМА разработаны кинематические элементы (модули) трапецеидальной и треугольной формы с различной ориентировкой прямой наклонной границы [1].

Была разработана программа «Energy Model», которая предназначена для построения расчетной схемы процесса, выбора полей скоростей и расчета энергетическим методом силового режима процесса комбинированного объемного деформирования кольцами [2]. Язык разработки – Object Pascal, средство разработки – программная среда Borland Delphi 6.0.

Ввод исходных параметров, отбор и корректировка кинематических модулей и рассмотрение результатов работы программы (рис. 1) возможно в диалоговом режиме.

Основными операциями, выполняемыми по программе, являются:

- выбор одного из возможных типов кинематических модулей, удовлетворяющих поведению течения металла в определенной зоне деформации (прямоугольные, трапецевидные, треугольные и др.);
- определение геометрических параметров и границ кинематического модуля (длина, высота, углы (для трапецевидных кинематических модулей)) в системе координат моделируемого процесса, а также направлений течения и разрывов скоростей;
- расчет мощностей сил деформирования, среза и трения;
- варьирование параметров процесса в определенном диапазоне и исследование их влияния на давление деформирования (с построением графиков).



# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НЬЮТОНА-ЕЙЛЕРА ДЛЯ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ПОДАННЯ ДИНАМІКИ КРОКУЮЧОГО АПАРАТА ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Ткач М.М., Гуменний Д.О., Юзюк Ю.О.

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

[urauzuk93@gmail.com](mailto:urauzuk93@gmail.com)

Метою роботи є побудова динамічної моделі крокуючого апарату (КА) для дослідження його процесів руху шляхом на базі вирішення двох задач динаміки. Перша, пряма задача динаміки - дослідити поведінку КА під впливом зовнішніх сил та моментів. Друга, зворотна задача: визначити сили та моменти, необхідні для здійснення бажаного просторового руху КА.

Поставлена задача побудови моделі крокуючого апарату для моніторингу і аналізу його поведінки на опорній поверхні. Вирішується шляхом побудови математичною моделі, що базуються на використанні принципу Даламбера та рівнянь Ньютона-Ейлера. Застосування комп'ютерного моделювання дозволило чисельно розв'язувати складні системи нелінійних алгебро-диференціальних рівнянь і тим самим ґрунтовно досліджувати динамічні моделі багатомасових механічних систем із великим числом степенів свободи. Для вирішення задачі було застосовано метод Ньютона-Ейлера, модель описує динаміку ланок, сили та моменти.

В роботі розглянуто семиланкову модель КА для випадку плоскопаралельного руху. Рівняння руху побудовано на основі рівнянь Ньютона-Ейлера. Використання рівнянь Ньютона-Ейлера зумовлене орієнтуванням динамічної моделі в першу чергу для комп'ютерного моделювання, тобто на розв'язування задачі чисельними методами.

В результаті отримано повну систему рекурентних алгебро-диференціальних рівнянь, що описують кінематичні та динамічні властивості розгляненого КА.

**Література:** 1. Angeles, Jorge. (2007) Fundamentals of Robotic Mechanical Systems. Theory, Methods, and Algorithms. Third Edition, Springer Science+Business Media, ISBN-13:978-0387 29412-4

## ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА ЗА СЧЕТ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА, НА ОСНОВЕ УСТАНОВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ ПО РАБОТОСПОСОБНОСТИ И УВЕЛИЧЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ

**Ткаченко А.А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Элементы из которых состоит клещевой захват испытывает большие нагрузки, и рассмотрение его отдельных элементов таких, как оттяжек, тяг, рычагов и коромысел является значительным в модернизации и рабочего органа.

Целью работы является: является повышение надежности клещевого захвата за счет увеличения прочности тяги которая является практически основным звеном в процессе работы, на основе установленных расчетов, проведения расчета напряжений.

Общим недостатком клещевых захватов является самопроизвольное открывание их и освобождение груза, как только последний столкнется с каким-либо препятствием или с поверхностью разгрузочной площадки. Перечисленные недостатки свидетельствуют о несовершенстве существующих конструкций клещевых захватов. [1]

С помощью программы SOLIDWORKS была построена экспериментальная модель, в которой использовалось добавление SOLIDWORKS Simulation это система анализа конструкций, полностью интегрированная с SolidWorks. SolidWorks Simulation обеспечивает анализ напряжения, потери устойчивости, оптимизации, а также частотный и термический анализ на одном экране. Проверили проушину на напряжение смятия, проверку устойчивости.

Результаты исследования показали, что для достижения требуемого усилия захвата и повышения срока службы рекомендуется использовать легированную сталь. результаты при нагружении заданными нагрузками показали, что максимально возможные деформации тяги при заданных нагрузках режимах работы и заданной силе очень малы и равняются 0.1206 мм при первом случае нагружения, а во втором 0.0265 мм.

Итогом работы является целесообразность изготовления тяги из закаленной Сталь 20X13, которая обеспечивает надежную работу клещевого захвата. [2]

**Литература:** 1. Роль подъемно-транспортных машин в современном промышленном производстве / ДГМА, Краматорск 2. Справочник технолога машиностроителя в 2т/Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова –М. Машиностроение, 1985-694с. ISBN – 978-5-7038-3442-8.

## ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

**Третьяк О.С.**

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из наиболее прогрессивных видов промышленного транспорта является конвейерный, позволяющий обеспечить непрерывность грузопотока, высокую производительность и значительную экономическую эффективность.

Целью работы является обеспечение передачи тягового усилия гибкому элементу за счет силы трения, возникающей между лентой и приводным барабаном.

Пробуксование приводного барабана под лентой вызывает интенсивный износ поверхностей, что приводит к разрушению поверхности ленты и барабана. Поэтому актуально рассмотреть проблему сцепления ленты с барабаном [1]. Повысить тяговую способность можно благодаря обрешиванию барабана [3].

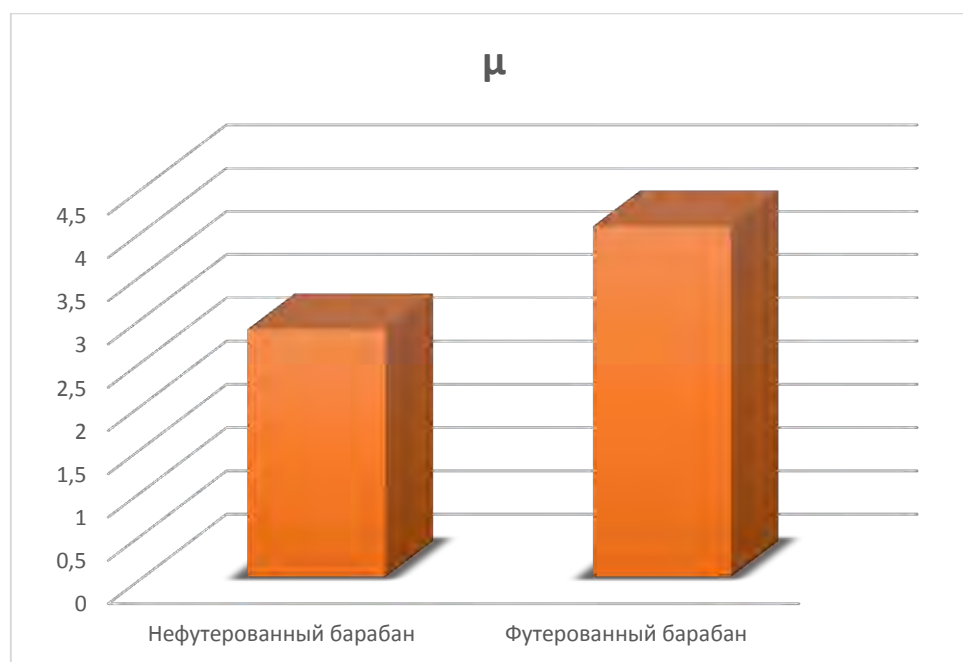


Рисунок 1 – Диаграмма зависимости коэффициента трения  $\mu$  от вида поверхности барабана

Итогом работы является повышение коэффициента сцепления за счет применения футеровки для барабана, благодаря чему повышается тяговое усилие (рис. 1), а также увеличивается производительность на 10-15%.

**Литература:** 1. Тарнопольский, Н.Е. Проектирование ленточного конвейера. Методические указания для студентов специальности 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А.В. Тарнопольский, Н.Е. Курносков, Л.П. Корнилаева, Ю.К. Измайлов – Пенза : ПензГУ, 2009. – 60 с. 2. Гринько П.А. Обоснование конструктивных параметров барабанов ленточного конвейера, обеспечивающих повышение долговечности ленты: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.05.05) / Павел Анатольевич Гринько; Нац. Полит. Унив. Украина. – Одесса, 2015. – 157 с.

# ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТАКТУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ БУКСОВОГО ВУЗЛА ШАХТНОЇ ВАГОНЕТКИ

**Федоряченко С.О.**

(ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ, Україна)

Метою роботи є визначення параметрів контактуючих поверхонь буксового вузла шахтної вагонетки [1].

Обґрунтування раціональних параметрів ланок ходової частини шахтної вагонетки виконано виходячи умов із забезпечення кутової рухливості колеса у межах 2 град. [1], при яких максимальні еквівалентні напруження області взаємодії тіл неузгодженої форми не перевищать межі міцності матеріалу. Отже, критерієм раціональності прийнято функцію (1). Взаємодія ланок можлива при визначених, сумісних одна з одною характеристиках, які знаходяться у межах конструкційних обмежень, накладених на буксовий вузол.

Визначення раціональних параметрів взаємодіючої пари [1] «шар – втулка» виконано із умови допустимих контактних напружень, що виникають у зоні контакту. Функція визначення області раціональних параметрів визначається як

$$\Phi(\sigma) = 0,798 \sqrt{\frac{P_{\sigma}(t)}{D_w \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right)}}, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – напруження у зоні контакту шар-втулка, МПа.;  $P_{\sigma}$  – навантаження у зоні контакту пари шар-втулка, Н.,  $\alpha$  – кут твірної конуса втулки, град.

Результати визначення параметрів контактуючих пар приведені на рис. 1 та рис. 2

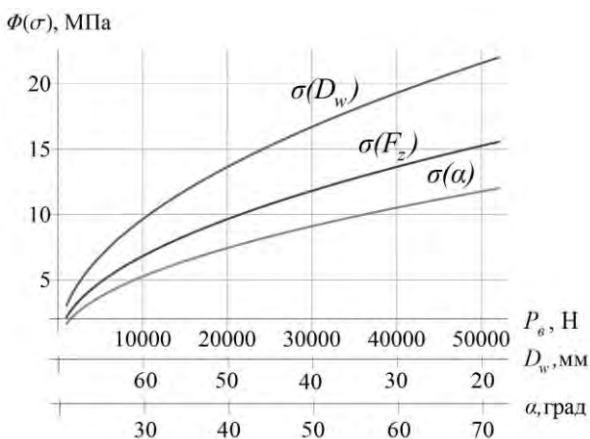


Рисунок 1 - Графік зміни функції напруження області контакту ланок буксового вузла

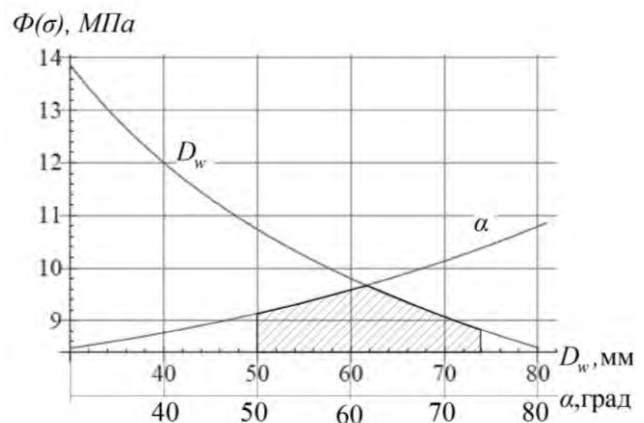


Рисунок 2 - Область раціональних значень геометричних параметрів ланок буксового вузла

**Література:** 1. Пат. 97728 Україна, МПК В61F 5/38, В61F 7/00. Шахтний візок / Зіборов К.А. (Україна), Федоряченко С.О. (Україна), Ванжа Г.К. (Україна), Костирко В.Т. (Україна); заявник та патентовласник ДВНЗ "Національний гірничий університет". – № а201010058; заявл. 13.08.10; опубл. 12.03.12, № 5

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ЗМІЩЕННЯ НАБІГАЮЧОГО КОЛЕСА ПІД ЧАС РУХУ ВАГОНЕТКИ ПО КРИВОЛІНІЙНИМ ДІЛЯНКАМ РЕЙКОВОГО ШЛЯХУ

Федоряченко С.О., Федоряченко Д.О.  
(ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ, Україна)

Вплив додаткової кутової рухливості на стійкість і опір руху вагонетки, обладнаної буксовим вузлом із додатковою рухливістю [1] було перевірено експериментально. Для розв'язання задачі було виготовлено пропарочний візок із рухомо встановленими колесами на підприємстві ТОВ «Дніпровський завод будівельних матеріалів» (ТОВ «ДЗБМ»). На візку визначався опір руху та перевірена працездатність вузла колісної пари. Визначено, що опір руху із розробленим буксовим вузлом вище на 5 % у порівнянні із вузлом традиційної конструкції при русі по прямолінійним ділянкам колії [2].

Другим етапом експериментальних досліджень було підтвердження результатів моделювання кутового зміщення набігаючого колеса. Для цього було переобладнано шахтну вагонетку ВГ-3,3-900, на якій набігаюче колесо було виготовлено із можливістю кутового зміщення (рис. 1).

Заїзди вагонетки здійснювались на колії поверхневого комплексу шахти «Степна» радіусом  $R 20$  зі швидкістю 3 м/с. Достовірність результатів математичного моделювання кутового зміщення колеса та експерименту склала 90 % (рис. 2).

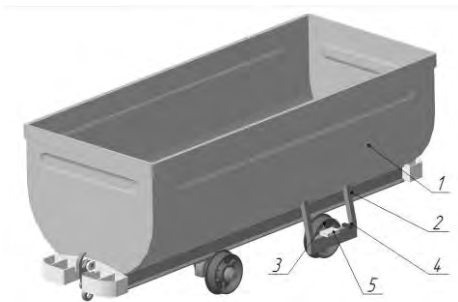


Рисунок 1 - Схема розміщення вимірювальних пристроїв на вагонетці ВГ-3,3-900: 1 – кузов вагонетки; 2 – елемент кріплення буксового вузла; 3 – колесо; 4 – лазерний дальномір; 5 – відеокамера

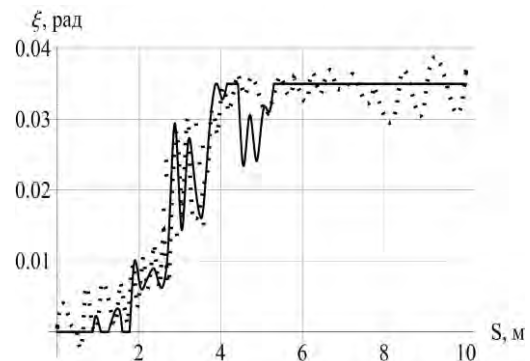


Рисунок 2 - Графік кутового зміщення набігаючого колеса при швидкості 3 м/с на колії  $R20$ : — результати математичного моделювання; - - - експериментальні дані

Експериментально підтверджено, що кутове зміщення набігаючого колеса дозволяє підвищити запас стійкості до 20 % при русі шахтної вагонетки по нерівностям рейкової колії.

**Література:** 1. Пат. 97728 Україна, МПК В61F 5/38, В61F 7/00. Шахтний візок / Зіборов К.А. (Україна), Федоряченко С.О. (Україна), Ванжа Г.К. (Україна), Костирко В.В. (Україна); заявник та патентовласник ДВНЗ "Національний гірничий університет". – № а201010058; заявл. 13.08.10; опубл. 12.03.12, № 5. 2. Ziborov K. The frictional work in pair wheel-rail in case of different structural scheme of mining rolling stock / K. Ziborov, S. Fedoriachenko // Progressive technologies of coal, coalbed methane and ores mining – Netherlands: CRC Press, 2014. – P. 517–521.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВНУТРИФОРМЕННОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

<sup>1</sup>Фесенко А.Н., <sup>2</sup>Фесенко М.А.

(<sup>1</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина, <sup>2</sup>НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Детали, получаемые методом литья (отливки), составляют более 70% по массе машиностроительной продукции, следовательно, именно качеством и уровнем их эксплуатационных характеристик во многом определяются с одной стороны долговечность и надежность работы машин и оборудования, а с другой стороны экономичность его изготовления.

Распространенным конструкционным материалом для изготовления литых деталей различного оборудования остается чугун, что обусловлено комплексом ценных технологических, физико-механических и служебных его свойств.

Современная промышленность постоянно предъявляет к качеству и свойствам чугунных литых деталей все возрастающие требования, что вызывает необходимость изготовления их с повышенными эксплуатационными характеристиками или же обеспечения в них нового комплекса свойств.

Одним из эффективных способов улучшения свойств чугунных отливок является модифицирующая обработка расплава, которая на практике широко применяется при изготовлении отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом, а также при изготовлении отливок из высоких марок серых чугунов с пластинчатым графитом (СЧ30 и СЧ35).

Из разработанных и используемых в практике литья способов обработки жидкого чугуна перспективным является метод внутриформенного модифицирования расплава.

Обладая целым рядом преимуществ перед другими процессами, метод внутриформенного модифицирования позволяет получать требуемую однородную структуру, а следовательно, и свойства чугуна в отливках при незначительных дополнительных затратах и без существенного усложнения технологии. При этом не требуется установка дополнительного оборудования или каких-либо других агрегатов.

В работе проведен комплекс исследований процесса внутриформенного модифицирования исходных расплавов чугунов доэвтектического, эвтектического и заэвтектического составов графитизирующими, сфероидизирующими и карбидообразующими модификаторами и лигатурами разного химического и гранулометрического состава в литниково-модифицирующих системах разной конструкции при литье в разовые песчаные формы, по газифицируемым моделям, а также при изготовлении отливок методом центробежного литья.

В результате проведенных исследований установлены общие закономерности и определены оптимальные температурные режимы технологических процессов внутриформенной модифицирующей обработки исходного расплава разными графитизирующими, сфероидизирующими и карбидообразующими добавками, которые обеспечивают получение отливок с заданной структурой и комплексом свойств, работающих в различных условиях эксплуатации, например, в условиях безударного и ударного износа, вибрации, значительных ударных нагрузок и др.

Результаты исследований были использованы при изготовлении промышленных отливок «Подушка прокатного стана» – массой 15 кг, «Крыльчатка» – 6 кг, «Поршень» – 1,0 кг, «Силовая тяга» – 25 кг из высокопрочных чугунов с шаровидным графитом марок ВЧ45, ВЧ50, отливок «Корпус вибратора» – массой 18 кг, «Опорная плита» – 25 кг из серого чугуна с пластинчатым графитом марки СЧ20 и др.

Результаты исследований могут быть рекомендованы для внедрения на промышленных предприятиях машиностроительной отрасли для изготовления деталей из различных видов чугунов широкой номенклатуры с заданными структурой и свойствами.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ И ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ОБОРУДОВАНИЯ И МАШИН

<sup>1</sup>Фесенко А.Н., <sup>2</sup>Фесенко М.А., <sup>1</sup>Чичваров М.А.

(<sup>1</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина, НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Перспективным направлением снижения металлоемкости механизмов, машин и оборудования при сохранении или даже повышении эксплуатационных характеристик и работоспособности является замена монометаллических деталей на двухслойные и многослойные изделия с дифференцированной структурой и свойствами.

Для получения двухслойных и многослойных изделий в настоящее время предложено и используется на практике целый ряд способов. Из существующих способов наиболее экономичными и эффективными являются способы получения таких изделий непосредственно из жидких металлов и сплавов (расплавов) методом литья. К таким способам относятся: последовательная с определенной временной выдержкой заливка двух разных по составу и свойствам расплавов, одновременная или последовательная заливка в форму с предварительно установленной твердой перегородкой двух разных расплавов, выливание остатка в закристаллизовавшегося в форме первого расплава с последующей заливкой в образовавшуюся полость второго расплава, методы промывки или полупромывки, последовательная заливка с определенной временной выдержкой разных по химическому составу и свойствам сплавов во вращающуюся изложницу машины центробежнолития и другие.

Общим недостатком большинства существующих методов получения двухслойных отливок из жидких расплавов является необходимость подготовки и заливки двух разных по химическому составу и свойствам расплавов, что влечет за собой необходимость установки двух плавильных агрегатов или же одного плавильного агрегата, дополнительной предварительной до заливки в литейную форму обработки части выплавленного базового расплава в другом устройстве, что усложняет и удорожает технологический процесс и требует дополнительных капитальных вложений.

Нами предложены новые способы и оригинальные технологические варианты получения двухслойных и многослойных чугунных изделий с дифференцированными свойствами в разных слоях или в отдельных частях (боковинах) отливки из базового расплава, выплавленного в одном плавильном агрегате. В основу предложенных способов положена перспективная технология внутриформенной модифицирующей обработки расплава твердыми добавками, приводящая к изменению структуры, а, следовательно, и свойств металла в отливке по сравнению с исходным (базовым) металлом.

Многочисленными модельными и натурными экспериментальными исследованиями установлены основные закономерности процессов, определены рациональные технологические режимы литья, а также подтверждена возможность практической реализации предложенных новых способов и технологических схем (вариантов). Из базовых расплавов доэвтектических, эвтектических или заэвтектических чугунов с использованием технологии внутриформенного модифицирования расплава базового чугуна графитизирующими, карбидостабилизирующими и сфероидизирующими модифицирующими добавками получены двухслойные и двухсторонние отливки с сочетанием структуры и свойств в нижнем и верхнем, или в наружном и внутреннем слоях, или в разных частях (правой и левой) отливки серый чугун – белый чугун (СЧ-БЧ), серый чугун - высокопрочный чугун (СЧ-ВЧ) и белый чугун – высокопрочный чугун (БЧ-ВЧ).

На основе проведенных исследований разработаны технологические рекомендации по получению опытно-промышленных отливок с дифференцированными свойствами в отдельных частях или слоях. По разработанным технологическим рекомендациям изготовлены опытные отливки с необходимой структурой и свойствами. Результаты исследований могут быть рекомендованы для внедрения на промышленных предприятиях машиностроительной и других отраслей.

## ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПАРЫ КОЛЕСО-РЕЛЬС

Франчук В.П., Зиборов К.А.

(ГВУЗ «НГУ», м. Днепрпетровск, Украина)

В формировании касательной реакции  $Q_{xy}$  при движении локомотива по рельсовому пути участвуют элементарные силы  $Q_{xyi}$ , действующие на каждой из  $i$ -точек фактического контакта (рис. 1), и при проведении аналитических исследований следует исходить из элементарной площадки поверхностей контактирующих тел.

Цель работы – установление влияния теплофизических процессов, происходящих в зоне контакта пары колесо–рельс, на фрикционные свойства шахтного локомотива.

В области контакта реальных твердых тел при скольжении друг по другу происходит трение материалов с выделением тепла. При этом возможны существенные изменения свойств материалов поверхностных слоев, которые влияют на их физические и механические свойства. Поэтому, можно допустить, что температура при передаче тягового усилия колесом по рельсу является одним из определяющих критериев в оценке фрикционных свойств, и зависит, как от нагрузки в контакте (температура при контакте), так и скорости скольжения (температура при срыве сцепления) [1].

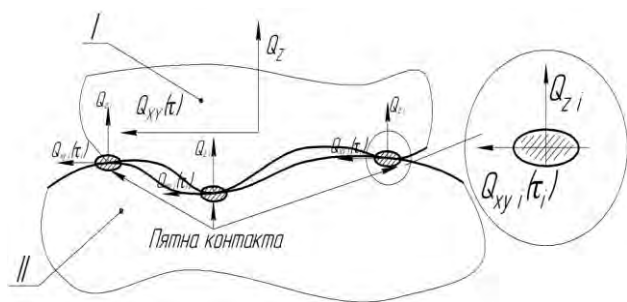


Рисунок 1 - Характер контактного взаимодействия реальных поверхностей

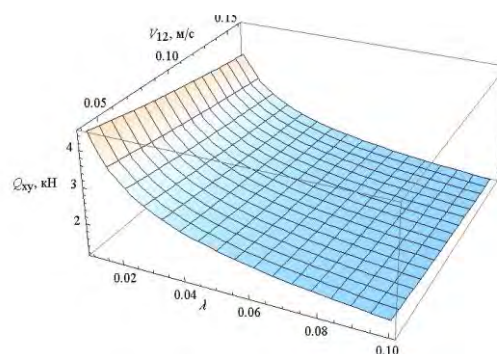


Рисунок 2 - Зависимость тягового усилия  $Q_{xy}$  от скорости относительного скольжения поверхностей  $V_{12}$  и упругих характеристик материала  $\lambda$

Вывод: хотя рост нормального усилия  $Q_z$  соответственно фактору пропорциональности коэффициента сцепления [2], приводит к увеличению передаваемого тангенциального усилия  $Q_{xy}$ , однако, такое повышение массы локомотива должно также учитывать возникающие при этом теплофизические процессы в паре колесо–рельс (рис.2).

**Литература:** 1. Зиборов К.А. Характеристики фрикционной пары колесо–рельс шахтного локомотива при кинематических и силовых несовершенствах / К.А. Зиборов // Горное оборудование и электромеханика. – М.: 2014. – № 3(100). – С. 26 – 32. 2. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Под ред. А.В. Чичинадзе – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

**Хорошайло В.В.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Важнейшей задачей машиностроительного производства является выпуск конкурентной на мировом рынке продукции. К машинам, которые выпускают заводы тяжелого машиностроения, предъявляются высокие требования, а это в свою очередь ставит проблемные задачи в области механической обработки крупногабаритных деталей машин. Анализ обработки резанием деталей прокатного, горнорудного, энергетического оборудования показывает, что эффективная обработка отверстий большого диаметра в деталях типа втулок и цилиндров является важной задачей.

Повышение эффективности процесса обработки на токарных станках сводится к оптимизации решения задач, которые позволяют увеличить производительность и снизить себестоимость обработки, повысить точность геометрических параметров и качество обрабатываемых поверхностей. Существующие инструментальные системы, которые используются при растачивании отверстий достаточно большого диаметра в деталях типа втулок и цилиндров, не позволяют вести обработку на токарных станках при оптимальных режимах обработки. Одной из главных особенностей процесса растачивания, является обработка расточным резцом с большим вылетом державки из резцедержателя, что приводит к большой податливости державки инструмента под действием сил резания. Основной причиной низкой виброустойчивости процесса растачивания является низкая жесткость инструментальной системы, так как жесткость шпиндельного узла и суппорта достаточно высока.

Снижению уровня вибраций при механической обработке способствует повышение жесткости элементов технологической системы «станок-приспособление-инструмент-деталь». Исходя из особенностей процесса растачивания, было выбрано направление исследований, связанное с повышением жесткостных параметров инструмента.

Для уменьшения податливости расточного резца под действием сил резания была создана инструментальная система, которая обеспечивает двухопорное закрепление державки резца. Применение разработанной инструментальной системы позволяет резцу осуществлять процесс растачивания в двухопорном положении, что существенно повышает жесткость и виброустойчивость инструмента.

Для разработки инструментальной системы проводилось математическое и трехмерное моделирование с применением программного комплекса Компас 3D. В результате математического моделирования получена система уравнений, решение которой позволяет определять амплитудные характеристики колебаний вершины расточного резца в зависимости от его жесткостных параметров. Были также созданы трехмерные модели инструментальной системы, которые были подвергнуты прочностному анализу с применением метода конечных элементов. В результате статических и динамических расчетов были определены прогибы, напряжения, собственные частоты и амплитуды колебаний расточных резцов.

Экспериментальные исследования были проведены в лабораторных и производственных условиях. Проводилось растачивание отверстий большого диаметра на токарном станке консольно закрепленным расточным резцом и расточным резцом с использованием разработанной инструментальной системы. Обработка осуществлялась при разных режимах резания и вылетах резца из резцедержателя.

Применение разработанной инструментальной системы приводит к значительному повышению виброустойчивости режущего инструмента за счет повышения жесткостных параметров, что дает возможность улучшить качество обработанной поверхности, достичь высокой точности растачивания отверстий большого диаметра и увеличить производительность обработки.

## ОБОСНОВАНИЕ СВЯЗИ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ВАРИАЦИОННЫМ ИСЧИСЛЕНИЕМ

**Цыганаш В.Е.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

[app@dgma.donetsk.ua](mailto:app@dgma.donetsk.ua)

Разработанный в качестве критерия оптимального управления для энергопотребителей коэффициент использования мощности источника питания  $K_n(t)$  устанавливает аналитическую зависимость полезности от частных критериев системы. Выполненный на основе уравнения баланса мощностей  $K_n(t)$  хорошо себя зарекомендовал в промышленных условиях. В настоящее время встает задача его использования в других областях управления и обработки информации. Поэтому с помощью классического вариационного исчисления устанавливается его связь с методами теории оптимального управления и исследуется минимизация общих потерь мощности в процессе ее преобразований.

Несмотря на то, что такой подход обычно недостаточно эффективен при решении практических задач он может дать полезные сведения об аналитических подходах к задаче динамической оптимизации. Такой возможности способствует то обстоятельство, что составляющие мощности занимают в два раза больший частотный диапазон чем ток или напряжение источника питания. Это расширение частотного диапазона ведет к усилению фильтрации помех и появлению постоянной составляющей мощности. А это, в свою очередь, улучшает согласование частотных диапазонов работы оператора и системы управления процессом энергопреобразования, что представляет возможность оператору успешно решать задачу выбора предпочтительной альтернативы. Если учесть, что мощный энергопотребитель имеет унимодальную (одновершинную) характеристику, то этот процесс удобно моделировать с помощью  $K_n(t)$  если выбрать в качестве модели управляемый колебательный контур. Такой подход благоприятно отражается на точности определения экстремали, но требует совпадения экстремалей модели и процесса. При выполнении этого условия уравнение Эйлера будет характеризовать процессы происходящие как в управляемом колебательном контуре, так и в реальном объекте.

Использование мощности для управления процессом энергопреобразования и аналитической связи с вариационным исчислением позволяют принцип взаимности, принцип наименьшего действия и изопериметрические условия реализовать в единой системе уравнений, что благоприятно отражается на динамических свойствах системы управления. Единая система уравнений на основе вариационных принципов не только позволяет использовать  $K_n(t)$  в качестве модели процесса энергопреобразования, но и упрощает систему управления, повышает ее быстродействие. Так, при реализации рассмотренного подхода на ДСП-100 (ПАО Энергомашспецсталь) это позволяет при решении задачи выбора предпочтительной альтернативы сократить потребление электроэнергии на 7-10 кВт ч/т.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДВУХТОЧЕЧНОЙ СХЕМЫ ЭКН И СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УСИЛИЯ СЖАТИЯ РОЛИКОВ

**Чепель Ю.А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Развитие современного машиностроения характеризуется повышением эксплуатационных параметров работы машин, в результате чего использовавшиеся ранее технологические процессы и материалы часто не отвечают возросшим требованиям надежности и долговечности. Одним из эффективных способов нанесения износостойких покрытий является электроконтактная наплавка (ЭКН).

Целью работы является совершенствование двухточечной технологической схемы электроконтактной наплавки, разработка системы контроля и регистрации усилия на электродах машины в процессе электроконтактной наплавки.

Предложена конструкция привода сжатия сварочных роликов для электроконтактной наплавки проволокой деталей типа тел вращения. Особенность конструкции предлагаемой сварочной головки – сварочные ролики, смещенные относительно друг друга вдоль оси детали таким образом, что нижний ролик попадает в промежуток между витками спирального шва, наплавленного верхним роликом.

Контроль усилия на электродах машины электроконтактной наплавки также как и других параметров, осуществляется микропроцессорной системой управления. Для регистрации кривой изменения усилия на электродах машин или получения информации о значении усилия необходимо иметь специальные датчики, преобразующие измеряемые деформации в пропорциональный им электрический сигнал. Для измерения усилия сжатия электродов был использован тензометрический метод измерения на основе использования полупроводниковых или металлических тензорезисторов, обеспечивающий высокую линейность и точность измерения. Приведена разработанная принципиальная схема измерительного моста на металлических тензорезисторах для регистрации усилий.

Рассмотрена методика определения толщины сварочного ролика в зависимости от диаметра деформируемой проволоки, также описана методика определения равнодействующей силы  $F_x$ , вызывающей осевую деформацию проволоки. Описана методика определения усилия сжатия электродов при помощи тензорезисторов.

Полученную технологическую схему целесообразно применять для электроконтактной наплавки деталей, к которым не предъявляется жестких требований по допустимому термическому влиянию, а вероятность температурной деформации мала.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Васильченко Я.В., Тристан Б.Г.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Внедрение высоких технологий в производство – один из важнейших факторов обеспечения модернизации промышленности Украины. Требования рынка потребителей к качеству и сложности выпускаемой продукции с каждым годом возрастают. Перед техническими специалистами стоят задачи повышения точности, производительности, универсальности оборудования. Немаловажным фактором является и экономичность производства, поэтому разрабатываемые учеными из Донбасса новые методы получения деталей из металла посредством послойного спекания с помощью лазерных 3D-принтеров своевременны и чрезвычайно актуальны.

Во многих известных способах обработки металлов и материалов чаще всего используется принцип «отделить от заготовки всё лишнее», при котором образуется большое количество отходов. В этом важном вопросе о целесообразности и времени 3D-печать отличается от обычных способов обработки радикально. Процесс создания модели начинается с нуля и постепенно, последовательным добавлением слоев (т. е. аддитивно), «выращивается» будущее изделие. При этом количество отходов может быть сокращено до нуля.

В Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА) (г. Краматорск) работают над внедрением аддитивных технологий в технологические процессы машиностроительных предприятий с целью улучшения качества работы устройств для прототипирования, снижения изнашиваемости оборудования, проектирования и производства режущих инструментов. Это направление является весьма актуальным в настоящее время из-за спада производства и ограниченных финансовых возможностей.

Повышение эффективности работы 3D-принтеров осуществляется благодаря оптимизации процесса спекания расходных порошковых материалов по технологии SLS (Selective Laser Sintering), за счет внедрения лазерной системы-матрицы (каретки, на которой установлены 8 лазеров).

Для уменьшения времени выращивания была разработана и внедрена система, представляющая собой матрицу из лазеров, что позволяет существенно сократить время на спекание порошка.

Внедрение аддитивного производства на практике доказало, что повышаются конкурентоспособность, экономичность и качество продукции.

В дальнейшем планируется внедрение аддитивных технологий в процессы проектирования, производства и восстановления режущих инструментов для предприятий тяжелого машиностроения. Инструменты будущего станут более сложными, адаптивными, эффективными в работе, так как открываются новые возможности их изготовления, а значит, новые варианты формы и функциональности.

## **УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕІНЖІНІРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ**

**Мирошниченко Ю.В.**

*(ХТЕІ КНТЕУ, м. Харків, Україна)*

Процеси глобалізації та інтеграції в європейський економічний простір, кризовий стан вітчизняної економіки спонукають машинобудівні підприємства до пошуку таких методів управління, які би відповідали сучасним вимогам. Однією з найбільш актуальних проблем підприємства є управління змінами на базі використання сучасних інструментів менеджменту. Одним з інструментів управління змінами на машинобудівному підприємстві на основі радикальної та фундаментальної перебудови бізнес-процесів є реінжиніринг бізнес-процесів.

Основою виникнення реінжинірингу бізнес-процесів як нової ідеології управління підприємством є менеджмент якості, який визначив необхідність впровадження процесного підходу управління, а також широке застосування інформаційних технологій у сфері виробництва та управління; поява нових технологій.

В проведеному дослідженні визначено ключові принципи управління змінами, на основі яких базується реінжиніринг бізнес-процесів машинобудівного підприємства, що розкривають можливості його застосування. Визначено можливості використання реінжинірингу для вирішенні наступних завдань: усунення малопродуктивних структурних ланок, підвищення ефективності функціонування підприємства шляхом удосконалювання виробничих процесів, посилення контролю за використанням ресурсів, відмова від бюрократичних форм організації; створення стратегічно ефективної організаційної структури і методів господарювання, що дозволяють вийти з кризового стану та досягнути конкурентних переваг.

Проведення реінжинірингу машинобудівного підприємства включає декілька етапів. На підготовчих етапах проводиться визначення місії організації, ключових факторів успіху, виділення та опис існуючих бізнес-процесів, аналіз їх ефективності, побудова моделі існуючих бізнес-процесів, створення ідеального образу майбутнього машинобудівного підприємства,

Після визначення напрямків проведення реінжинірингу проводиться розробка моделі нових бізнес-процесів та забезпечуючих організаційно-економічної і інформаційної підсистем. На заключному етапі проводиться тестування нових бізнес-процесів та здача проекту реінжинірингу приймальній комісії.

Успішність проведення реінжинірингу машинобудівного підприємства можлива лише при формуванні потужної реформаторської команди при підтримці персоналу підприємства.

Ефективність впровадження реінжинірингу можливе тільки за умови повної заміни старих, неефективних структур на нові та життєздатні при постійному моніторингу функціонування вдосконалених бізнес-процесів.



## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

**Филатов Ю. Д., Ковалев С.В., Юрчишин О.Я.**

*(ИСМ им. В. Н. Бакуля НАНУ, г. Киев, НТУУ «КПИ», г. Киев)*

Интенсивность съема материала в процессе полирования оптических деталей в зависимости от радиуса  $\rho$  круговых зон обрабатываемой поверхности определяется по формуле  $Q(\rho) = \eta(\rho) \cdot L_t$  (где  $L_t$  – средняя длина пути трения элементарного участка обрабатываемой поверхности по поверхности рабочего слоя полировальника,  $\eta(\rho)$  – коэффициент объемного износа, определяемый методом компьютерного моделирования). Размеры и площадь поверхности частиц шлама, их концентрация на обрабатываемой поверхности, время их контакта с поверхностью зерна полировального порошка, средний размер зерен полировального порошка, диаметр  $D_1$  и угловая скорость  $\omega_1$  вращения детали, диаметр  $D_2$  и угловая скорость  $\omega_2$  вращения полировальника, коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, температура в контактной зоне, номинальное давление прижима полировальника к детали, площадь обрабатываемой поверхности, скорость их относительного перемещения, – позволяют рассчитать коэффициент объемного износа.

Оптические детали из кварца  $\varnothing$  60 мм полировали на шлифовально-полировальном устройстве, оснащенной системой мониторинга качества полированной поверхности, по методу жестких осей при помощи инструмента  $\varnothing$  60 мм с рабочим слоем из 15 элементов ЭП1-10x5, при частоте вращения – 800 об/мин, усилия прижима инструмента к детали – 10 Н, времени полирования 5–6 мин. При принудительном вращении детали инструмент вращался в том же направлении за счет сил трения, угловые скорости их вращения составляли  $\omega_1 = 83,8 \text{ с}^{-1}$  и  $\omega_2 = 78,5 \text{ с}^{-1}$  соответственно, а относительное возвратно-поступательное перемещение отсутствовало. При полировании плоских поверхностей использовался также нетрадиционный метод обработки, при котором взаимное перемещение инструмента и детали происходило за счет эксцентричного вращения детали.

На основе расчетов скоростей относительного перемещения элементарного участка обрабатываемой поверхности по рабочей поверхности инструмента, усредненных по кинематическим параметрам, получены зависимости интенсивности съема обрабатываемого материала от радиуса круговых зон, характеризующие эволюцию формы полированной поверхности и величину отклонения от плоскостности. Учет влияния кинематических параметров на точность геометрической формы обрабатываемой поверхности позволил определить их наиболее рациональные значения, при которых достигается требуемая точность формообразования плоских поверхностей оптических деталей при полировании.

## **ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОРМОЗНЫХ ШКИВОВ КРАНОВ ПОСЛЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОГО СЛОЯ**

**Гавриш П. А., Соболев-Бутовченко Е. А., Бурский В. К.**

*(ДГМА, г.Краматорск, Украина)*

Восстановление изношенных поверхностей деталей грузоподъемных кранов предполагает механическую обработку слоя нанесенного газотермическим напылением. Порошки материалы применяемые для напыления горелкой Evrodjet sx-8 это ПГ-12Н-02, ПГ-10Н-01 (ТУ-46-4206-156-82) имеют твердость 55-62 НRс поэтому механическая обработка представляет определенную трудность. Для цилиндрических деталей целесообразно применять круглошлифовальные станки 3В161, 3А151, 3Б12. Причем при выборе шлифовального круга необходимо руководствоваться данными по размерам детали, характеру контактирующих поверхностей. Обязательные требования учета марки материала детали для выбора шлифовального круга и режимов обработки. Рекомендуется для снижения опасности перегрева применять водно-масляные эмульсии.

С целью качественной обработки после выполнения напыления и снижения деформационных процессов применяют шлифовальные станки повышенной жесткости такие как АПП Б-100 АСО 50/40 (80/83). При этом рекомендуются следующие режимы шлифования:  $V_{кр} = 10$  м/с;  $V_{д} = 3$  м/мин;  $S_{д} = 0,05$  мм/дв.х;  $S_{к} = 0,5$  м/мин. При шлифовании на режимах больших чем рекомендуемые могут возникнуть растрескивание, местные прожоги и вспучивание покрытия.

Из марок шлифовальных кругом преимущественно используются круги из карбида кремния зеленого и черного ППТ 600х63х305 КЗ 80-50 СМ1-ВБ.

При контроле качества газотермического покрытия надо иметь ввиду, что допускаются поры и шлаковые включения размером не более 1 мм, причем их количество не должно превышать 5 шт. и расстояние между ними должно быть не менее 5 мм на площади 250х250 мм. Не допускаются отслоения напыленного материала, трещины и опры более 1 мм. Обязательный контроль порошковых материалов для напыления гранулометрический по ГОСТ 18318-94.

## ЗМІСТ

<b><i>O. Soroka, I. Rodichev, O. Shabetia, V. Kovalov, Y. Vasilchenko</i></b> Characteristics of structural strength of tool materials under heavy machining.....	<b>5</b>
<b><i>Абакумов Д.С.</i></b> Обоснование и определение показателей технического уровня карьерных одноковшовых экскаваторов.....	<b>6</b>
<b><i>Абакумов Д.С.</i></b> Повышение технического уровня карьерных одноковшовых гидравлических экскаваторов на стадии проектирования....	<b>7</b>
<b><i>Абхари П.Б</i></b> Исследование деформированного состояния деталей с фланцем в разъемных матрицах.....	<b>8</b>
<b><i>Алиева Л.И., Картамышев Д.А.</i></b> Силовой режим комбинированного радиально-прямого выдавливания с обжатием.....	<b>10</b>
<b><i>Барандич К.С., Вислоух С.П., Антонюк В.С.</i></b> Оптимизация режимов токарной обработки при технологическом обеспечении циклической долговечности деталей.....	<b>12</b>
<b><i>Бережная Е.В.</i></b> Выбор режима нагрева наплавленной цилиндрической детали токами высокой частоты.....	<b>14</b>
<b><i>Богданова Л.М., Завгородний В.</i></b> Использование технологий искусственного интеллекта в программировании интернет-магазина по торговле промышленными товарами.....	<b>15</b>
<b><i>Буханцов Д.О.</i></b> Обґрунтування раціональних параметрів робочого обладнання потужного гідравлічного экскаватора.....	<b>16</b>
<b><i>Васильченко Я.В., Клименко Г.П., Ковальов В.Д., Лишенко О.М., Зелік М.С.</i></b> Розроблення конструкцій і технологій виготовлення та складання комбінованих систем оперативного бронювання стаціонарних і пересувних об'єктів військового призначення із змінним рівнем захисту.....	<b>17</b>
<b><i>Васильченко Я.В., Ковалёв В.Д., Лишенко А.Н.</i></b> Оптимизация тяжелой токарной обработки за счет регулирования процесса стружкообразования	<b>18</b>
<b><i>Васильченко Я.В., Шаповалов М.В.</i></b> Методики підвищення експлуатаційних властивостей твердосплавних різальних пластин за рахунок обробки імпульсним магнітним полем.....	<b>19</b>

<i>Воробйов С.П., Равська Н.С., Ключко О.О.</i> Особливості вибору радіуса нарізання циліндричних арочних зубчастих коліс.....	20
<i>Гончарук К.В., Корденко М.Ю.</i> Сравнительный анализ результатов исследований радиально-продольного выдавливания.....	21
<i>Гузенко В.С., Мироненко Е.В., Миранцов С.Л., Шторгин Д.Г., Мокляк А.</i> Исследование динамических характеристик токарной технологической системы слиткорезных станков.....	22
<i>Данильченко М.А.</i> Динамическая модель шпиндельного узла металлорежущего станка.....	23
<i>Дорохов Н.Ю.</i> Конструктивные особенности и область применения передаточных механизмов типа $K-H-V$ .....	24
<i>Дорохов Н.Ю., Анисимов А.</i> Уточнение КПД полиспада с кратностью выше 6.....	25
<i>Еникеев А.Ф., Субботин О.В.</i> Разработка и исследование преобразователя сигналов девиаций скорости вращения шлифовального круга.....	26
<i>Ерёмина А.А., Попов А.В.</i> Определение усилий раскрытия матрицы при радиальном выдавливании в разъемных матрицах.....	27
<i>Зіборов К.А.</i> Принципи побудови секційних шахтних локомотивів.....	28
<i>Зіборов К.А., Келбукова С.А.</i> Про характер зношування бандажів валкових пресів.....	29
<i>Івановський О.А.</i> Динамічний аналіз механізмів редуктора з використанням методу кінцевих елементів.....	30
<i>Кабацкий А.В., Рязанцев А.Д.</i> Влияние нитридного модифицирования на структуру и свойства высокопрочных низколегированных сварных швов	31
<i>Калафатова Л.П., Тупкина М.В.</i> Особенности обработки хрупких неметаллических материалов на операции сверления.....	32
<i>Калініченко В.В.</i> Загальна схема підвищення стійкості інструменту зі зносостійким покриттям з наноструктурованими шарами за рахунок вибору раціональних значень механічних характеристик матеріалів шарів	33

<i>Кассов В.Д., Мартиновська О.В.</i> Вибір термообробки для підвищення міцності комбінованого зварного з'єднання.....	34
<i>Кассов В.Д., Цюпка М.О.</i> Буферні пристрої ливарних кранів.....	35
<i>Клименко Г.П., Пойда А.А.</i> Разработка автоматизированной системы контроля загрузки металлорежущих станков.....	36
<i>Клименко Г.П., Полупан И.И.</i> Сравнительный анализ качества конструкций сборных резцов для обработки колесных пар.....	37
<i>Клименко Г.П., Суботін О.В.</i> Розробка системи якості процесу експлуатації інструменту.....	38
<i>Клименко С.А., Клименко С.Ан., Манохин А.С.</i> Підвищення працездатності різального інструмента, оснащеного ПНТМ на основі КНБ.....	39
<i>Ковалёв В.Д., Антоненко Я.С.</i> Исследование влияния силовых параметров суппортной группы на станину тяжёлого токарного станка.....	40
<i>Ковалёв В.Д., Березовская И.К., Мельник М.С., Васильченко Я.В.</i> Оптимизация обработки на тяжелом токарном станке с помощью PLC модулей.....	41
<i>Ковалёв В.Д., Лобов А.В., Сукова Т.А.</i> Разработка модели суппорта по модульному принципу.....	42
<i>Ковалевская Е.С.</i> Научные основы создания системы мобильных интеллектуальных станков-роботов.....	43
<i>Ковальова Л.І, Майданюк С.В.</i> Моделювання сил різання при розрізанні алюмінієвих сплавів круглими пилками з різнонаправленими зубцями.....	44
<i>Красновид Д.О., Трухан О.О.</i> Геометрія зрізуваного шару при обробленні різьбових отворів мітчиками.....	45
<i>Кривий П.Д., Дзюра В.О.</i> Обґрунтування конструктивних параметрів інструмента для формування регулярних мікрорельєфів на внутрішніх циліндричних поверхнях.....	46
<i>Кривий П.Д., Крупа В.В.</i> Імовірнісний метод дослідження точності кінематичних ланцюгів подач токарних верстатів.....	47

<i>Кривий П.Д., Тимошенко Н.М., Кобельник В.Р., Бутрин С.П.</i> Несуча здатність шарнірів багатоконтурних ланцюгових передач бурових установок.....	48
<i>Крупко И.В. Дзержинская О.В.</i> Определение показателей технического уровня механизма передвижения экскаватора-драглайна.....	49
<i>Крупко І.В., Вовненко О.Є.</i> Обґрунтування навантажень на опорні елементи баштових кранів.....	50
<i>Крупко І.В., Сегін В.В.</i> Основні параметри підвищення продуктивності потужних одноківшових экскаваторів.....	51
<i>Кучер Н.О., Крупко В.Г.</i> Застосування хвильових ланцюгових передач в приводах землерийних машин.....	52
<i>Ладига Є.В.</i> Обґрунтування конструкції та параметрів підвісу стріли зі зменшенням динамічних навантажень.....	53
<i>Литвинов В.М., Мироненко Е.В., Шелковой А.Н., Гасанов М.И., Клочко А.А.</i> Поверхностная закалка крупногабаритных зубчатых колес в тяжелом машиностроении.....	54
<i>Логінова А.О.</i> Моделювання динамічних процесів роторних машин на основі методів структурного аналізу.....	55
<i>Луців І.В., Стахурський О.О.</i> Кінематика формування і подрібнення стружки при багатолезовій обробці з коливаннями.....	56
<i>Майборода В.С., Слободянюк И.В., Джулий Д.Ю.</i> Влияние свойств магнитно-абразивных порошков на процесс обработки быстрорежущих сталей.....	57
<i>Максименко М.В., Глоба О.В.</i> Обработка отверстий у вуглепластику.....	59
<i>Малыгин Ю.Н., Субботин О.В.</i> Исследование процесса подачи угля из бункера в модульную котельную установку.....	61
<i>Мельник М.С.</i> Зниження похибок оброки від пружних деформацій інструмента на операціях розточування.....	62
<i>Мельник М.С., Гузенко В.С.</i> Математическая модель вынужденных колебаний режущего инструмента со встроенным элементом вязкого трения.....	63

<i>Мироненко Е.В., Гузенко Д.Е.</i> Процесс стохастической оптимизации режимов резания с применение гибридного алгоритма на основе нейронной сети и генетического алгоритма.....	64
<i>Мироненко Є.В., Калініченко В.В.</i> Напрями підвищення енергоефективності процесів токарної обробки деталей важкого машинобудування.....	65
<i>Міранцов С.Л., Калініченко В.В., Фурсов Д.В.</i> Особливості конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання.....	66
<i>Міранцов С.Л., Аносов В.Л.</i> Підвищення ефективності процесів торцевого фрезерування.....	67
<i>Олейник С.Ю., Журавлева А.Н.</i> Анализ основных технологических факторов определяющих качество антифрикционного слоя крупногабаритных подшипников скольжения прокатных валков.....	68
<i>Остапович В.В.</i> Технологічне забезпечення точності та якості виготовлення і відновлення змінних деталей поршневих насосів двосторонньої дії.....	69
<i>Парненко В.С., Охрименко О.А., Равська Н.С.</i> Особливості виготовлення відрізних дискових фрез на зубофрезерному верстаті.....	70
<i>Равська Н.С., Вовк В.В.</i> Статичні геометричні параметри інструменту.....	71
<i>Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В.</i> Захисне скління на основі базових блоків.....	72
<i>Роп'як Л.Я.</i> Науково-технологічні основи виготовлення, зміцнення і складання виробів із алюмінієвих сплавів.....	73
<i>Рябченко С.В.</i> Шлифование зубчатых колес тарельчатыми кругами.....	74
<i>Рязанова-Хитровская Н.В., Пыжов И.Н.</i> Повышение эффективности алмазного выглаживания.....	75
<i>Семенов В.М., Кабацкий А.В., Мартыновская Е.В., Малыгина С.В.</i> Свариваемость низколегированных и разнородных сталей в сварных изделиях тяжелого машиностроения.....	76
<i>Солодкий В.І., Глоба О.В.</i> Оптимізація оброблення на верстатах з ЧПК....	77

<i>Струтинский В.Б., Ромашко А.С., Юрчишин О.Я., Иващенко О.В.</i> Моделирование рисков инновационной деятельности.....	79
<i>Струтинський В.Б., Чуприна В.М.</i> Розробка раціональних конструкцій комплектних шпиндельних вузлів верстатів з використанням параметричних поліноміальних 3D-моделей.....	80
<i>Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Чуприна В.М.</i> Технологічне забезпечення точності обробки мобільними верстатами-роботами.....	81
<i>Таган Л.В., Самоглядов А.Д.</i> Применение расчетных программ для анализа сложных схем формообразования.....	82
<i>Ткач М.М., Гуменний Д.О., Юзюк Ю.О.</i> Застосування методу Ньютона-Ейлера для формалізованого подання динаміки крокуючого апарата при взаємодії з опорною поверхнею.....	84
<i>Ткаченко А.А.</i> Повышения надежности клещевого захвата за счет выбора материала, на основе установленной задачи по работоспособности и увеличению срока службы.....	85
<i>Третьяк О.С.</i> Повышение тяговой способности ленточного конвейера.....	86
<i>Федоряченко С.О.</i> Визначення параметрів контактуючих поверхонь буксового вузла шахтної вагонетки.....	87
<i>Федоряченко С.О., Федоряченко Д.О.</i> Експериментальне визначення кута зміщення набігаючого колеса під час руху вагонетки по криволінійним ділянкам рейкового шляху.....	88
<i>Фесенко А.Н., Фесенко М.А.</i> Исследование процесса внутриформенного модифицирования для улучшения эксплуатационных характеристик чугунных отливок.....	89
<i>Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Чичваров М.А.</i> Перспективные направления снижения металлоемкости и повышения служебных свойств оборудования и машин.....	90
<i>Франчук В.П., Зиборов К.А.</i> Фрикционные свойства пары колесо-рельс....	91
<i>Хорошайло В.В.</i> Повышение эффективности процесса растачивания отверстий большого диаметра на токарных станках.....	92



<b>Цыганаш В.Е.</b> Обоснование связи коэффициента использования мощности источника питания с вариационным исчислением.....	<b>93</b>
<b>Чепель Ю.А.</b> Устройство для двухточечной схемы ЭКН и система контроля усилия сжатия роликов.....	<b>94</b>
<b>Васильченко Я.В., Тристан Б.Г.</b> Современные технологии 3D-печати в машиностроении.....	<b>95</b>
<b>Мирошниченко Ю.В.</b> Управління змінами на машинобудівному підприємстві з використанням реінжинірингу бізнес-процесів.....	<b>96</b>
<b>Филатов Ю.Д., Ковалев С.В., Юрчишин О.Я.</b> Закономерности формообразования плоских поверхностей оптических деталей.....	<b>97</b>
<b>Гавриш П.А., Соболев-Бутовченко Е.А., Бурский В.К.</b> Особенности механической обработки тормозных шкивов кранов после восстановления изношенного слоя.....	<b>98</b>

## ДЛЯ ПОДАТОК

Scientific publication

**HEAVY ENGINEERING  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**MATERIALS**  
of the XIV International  
scientific and technical conference

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,  
minutes № 9 dated May 26, 2016

Signed print 27.05.2016  
Conv.-printed sheets 6,05  
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Accont.-publ. sheets 5,64.  
Order № 17

---

Publisher and manufacturer  
Donbas state engineering academy  
Ukraine, 84313, Kramatorsk, Shkadinova Str., 72  
Certificate of registration of the subject of publishing activities in the State Register  
ДК №1633 dated 24.12.2003

Наукове видання

**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ  
XIV Міжнародної  
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,  
протокол № 9 від 26.05.2016

Підп. до друку 27.05.2016  
Ум. друк. арк. 6,05.  
Тираж 100 пр.

Формат 60×84 1/16.  
Обл.-вид. арк. 5,64.  
Зам. № 17

---

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК №1633 від 24.12.2003