

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ**  
**X Міжнародної**  
**науково-технічної конференції**

Краматорськ 2012

## УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали десятої Міжнародної науково-технічної конференції 5 – 8 червня 2012 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 116 с.

**ISBN 978-966-379-567-6**

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

### МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

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

Члени комітету:

<b>Алієв І.С.</b> ,	д.т.н., проф., проректор з НДР ДДМА
<b>Антошок В.С.</b> ,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Братан С.М.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. СевНТУ
<b>Бушуєв В.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. МДТУ "СТАНКИН", Росія
<b>Вітренко В.О.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. СУНУ ім. В. Даля
<b>Внуков Ю.М.</b> ,	д.т.н., проф., проректор з НДР ЗДТУ
<b>Гавриш А.П.</b> ,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Грабченко А.І.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Гусєв В.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДонНТУ
<b>Дашич П.</b> ,	проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія
<b>Дюбнер Л.</b> ,	докт.-інж., проф., МТУ, Магдебург, Німеччина
<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>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>Ковальов В.Д.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Луців І.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ ім. І. Пулюя
<b>Матюха П.Г.</b> ,	д.т.н., проф., ДонНТУ
<b>Мельничук П.П.</b> ,	д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
<b>Михайлов О.М.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДонНТУ
<b>Мироненко Є.В.</b> ,	д.т.н., проф., декан ДДМА
<b>Нечепасєв В.Г.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДонНТУ
<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>Петраков Ю.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Равська Н.С.</b> ,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Разживін М.О.</b> ,	ген. директор ВАТ "КЗВВ"
<b>Рамазанов С.К.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. СЧУ ім. В. Даля
<b>Струтинський В.Б.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Суков Г.С.</b> ,	к.е.н., ген. директор ЗАТ "НКМЗ"
<b>Тимофєєв Ю.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

**ISBN 978-966-379-567-6**

© ДДМА 2012

**MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE, YOUTH AND SPORTS OF UKRAINE  
DONBAS STATE ENGINEERING ACADEMY**



**HEAVY ENGINEERING.  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

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

Kramatorsk 2012

Heavy engineering. Problems and prospects of development. Materials of the tenth International scientific and technical conference – June 5-8, 2012 / Under the general edition V. Kovalov. – Kramatorsk: DSEA, 2012. – 116 p.

**ISBN 978-966-379-567-6**

In the collection are 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.

#### INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Chairman

**Fedorinov V.A.**, Ph.D., Prof., rector DSEA

Members of program committee:

**Aliev I.S.**, Dr., Prof., vice-rector DSEA  
**Antonjuk V.S.**, Dr., Prof., NTUU "KPI"  
**Bratan S.M.**, Dr., Prof., head of dep. SebNTU  
**Bushuev V.V.**, Dr., Prof., head of dep. MSTU "STANKIN", Russia  
**Dašić P.**, Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia  
**Dubner L.**, Dr., Prof., MTU, Magdeburg, Germany  
**Gavrish A.P.**, Dr., Prof., NTUU "KPI"  
**Grabchenko A.I.**, Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"  
**Gusev V.V.**, Dr., Prof., head of dep. DonNTU  
**Ilarionov R.**, Prof., vice-rector of TUG, Bulgaria  
**Kalafatova L.P.**, Dr., Prof., DonNTU  
**Klimenko G.P.**, Dr., Prof., head of dep. DSEA  
**Klimenko S.A.**, Dr., Prof., vice-director ISM NAS of Ukraine  
**Kovalov V.D.**, Dr., Prof., head of dep. DSEA  
**Lootsiv I.V.**, Dr., Prof., head of dep. TNTU  
**Matyukha P.G.**, Dr., Prof. DonNTU  
**Melnichuk P.P.**, Dr., Prof., rector ZhSTU  
**Mihailov A.M.**, Dr., Prof., head of dep. DonNTU  
**Mironenko E.V.**, Dr., Prof., dean DSEA  
**Nechepaev V.G.**, Dr., Prof., head of dep. DonNTU  
**Novikov N.V.**, Academician NAS of Ukraine, director ISM NAS of Ukraine  
**Pavlenko I.I.**, Dr., Prof., head of dep. KSTU  
**Petrakov Y.V.**, Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"  
**Ramazanov S.K.**, Dr., Prof., head of dep. EUNU  
**Ravskaya N.S.**, Dr., Prof., NTUU "KPI"  
**Razgivin N.A.**, General Director KZTS  
**Strutinskij V.B.**, Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"  
**Sukov G.S.**, Ph.D., General Director NKMZ  
**Timofeev Y.V.**, Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"  
**Vitrenko V.A.**, Dr., Prof., head of dep. EUNU  
**Vnukov Y.N.**, Dr., Prof., vice-rector ZSTU  
**Zaloga V.A.**, Dr., Prof., head of dep. SSU

**ISBN 978-966-379-567-6**

© DSEA 2012

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА**

Агапитова М.В., Ковалев В.Д.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одной из важных и актуальных задач, стоящих перед станкостроением, является модернизация станков, повышение их быстроходности, нагрузочной способности, точности, высокой надежности и долговечности.

Для тяжелых токарных станков опоры жидкостного трения на сегодняшний день являются, в ряде случаев, единственным конструктивным вариантом, обеспечивающим необходимые эксплуатационные характеристики узлов – высокая несущая способность, минимальный износ при отсутствии зазоров, высокую плавность перемещений и точность позиционирования, исключение скачкообразного перемещения при малых скоростях, долговечность, жесткость, точность и т.д.

Для использования гидростатических направляющих необходимы системы питания, которые достаточно многообразны, сложны и оказывают не меньшее влияние на работоспособность гидростатических направляющих, чем их конструкция.

Работа гидростатических направляющих в тяжелых токарных станках описывается моделью на основе уравнения Рейнольдса. Уравнение должно соответствовать граничным условиям - это предполагает, что значение функции давления на границах опоры равно нулю. Уравнения приводят к безразмерному виду, что позволяет получить давления и скорость между сопрягаемыми поверхностями опоры.

На основании рассмотренной модели разработаны рекомендации по проектированию гидростатических направляющих суппортов тяжелых станков и назначению их конструктивных величин, а также рекомендации по выбору эксплуатационных характеристик в зависимости от конструктивных параметров.

По рекомендациям разработаны продольные и поперечные направляющие тяжелого токарного станка.

Учитывались деформации узлов станка, потому что они оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики, например опора деформированная изменяет распределение давлений, значительно изменяются ее характеристики.

Спроектирована модель суппорта с учетом всех его конструктивных и геометрических особенностей, а также материалов всех деталей. Суппорт при максимальном нагружении испытывает, в основном, деформации не в области направляющих, а в области инструментального блока.

Направляющие, даже при максимальном нагружении, деформируются гораздо меньше. Разработанный суппорт полностью удовлетворяет условиям работы нового станка, его точности и действующим рабочим нагрузкам.

# ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ШЛИФОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗНОГО КРУГА НА СРЕДНЕЕ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ПРОФИЛЯ ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Азарова Н.В., Цокур В.П., Горностаев Д.В.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Формирование рельефа шлифованной поверхности происходит в результате одновременного действия геометрического фактора и пластических деформаций, сопровождающих процесс резания.

Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  в значительной мере предопределяется сформированными во время электроэрозионной правки (ЭЭП) и шлифования характеристиками рабочей поверхности круга (РПК), механическими режимами обработки и физико-механическими свойствами обрабатываемого материала.

Целью работы является установление влияния различных способов шлифования и зернистости алмазного круга на среднее арифметическое отклонение профиля шлифованной поверхности образцов из титанового сплава ВТ14 и быстрорежущей стали Р6М5Ф3.

Экспериментальные исследования проводили на модернизированном плоскошлифовальном станке модели ЗГ71. Образцы из сплава ВТ14 и стали Р6М5Ф3 шлифовали кругами 1А1 250×76×15×5 следующих характеристик: АС6 100/80-4-М2-01, АС6 160/125-4-М2-01, АС6 250/200-4-М2-01. Параметр  $R_a$  определяли после трех способов шлифования. При первом способе шлифования процесс резания алмазными зернами совмещался с электроэрозионным воздействием на инструмент и деталь в зоне резания, при втором – электроэрозионное воздействие на инструмент осуществлялось в автономной зоне, при третьем – алмазное шлифование выполнялось без подвода технологического тока кругом, режущая поверхность которого была заправлена электроэрозионным способом.

Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  определяли на профилометре модели 206 по десяти измерениям.

Установлено, что при обработке титанового сплава ВТ14 наибольшая величина параметра шероховатости  $R_a$  наблюдается при шлифовании кругом из алмазов марки АС6 зернистости 250/200, шлифование кругами зернистости 160/125 и 100/80 в период стабилизации рельефа РПК дает практически идентичные результаты, при этом  $R_a$  не превышает 1,5 мкм. При обработке быстрорежущей стали Р6М5Ф3 влияние зернистости алмазного круга на параметр шероховатости  $R_a$  проявляется слабее, чем при обработке сплава ВТ14. В условиях стабилизации рельефа РПК  $R_a$  находится в диапазоне 0,5 – 1 мкм.

Полученные данные по влиянию способов шлифования на среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  показывают, что при шлифовании сплава ВТ14 следует отдать предпочтение алмазному шлифованию с ЭЭП в автономной зоне, а при шлифовании стали Р6М5Ф3 – алмазному шлифованию с ЭЭП правкой в автономной зоне либо алмазноэлектроэрозионному шлифованию кругами из алмазов марки АС6 зернистостью 160/125 и выше.

# ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И РАДИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГА НА ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Азарова Н.В., Цокур В.П., Маленко А.Н.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Параметры качества шлифованных поверхностей, в частности параметры шероховатости, определяются условиями обработки, а также наличием колебаний системы «станок – приспособление – инструмент – деталь», в частности, вынужденных колебаний, вызванных дисбалансом шлифовального круга, которые балансировкой можно только уменьшить, но не устранить.

Целью работы является установление влияния режимов обработки и возникающих в процессе шлифования радиальных колебаний рабочей поверхности круга на параметры шероховатости шлифованной поверхности.

Влияние отношения скорости круга  $v_k$  к скорости детали  $v_d$ , а также амплитуды радиальных колебаний алмазного круга на параметры шероховатости шлифованной поверхности исследовали теоретически и экспериментально. Теоретический расчет параметров шероховатости выполняли на ПЭВМ по разработанной нами методике. Эксперименты проводили на модернизированном для алмазно-электроэрозионной правки плоскошлифовальном станке модели 3Д711АФ11. Обработывали образцы из быстрорежущей стали Р6М5Ф3 кругом 1А1 250×76×15×5 АС6 160/125-4-М2-01 методом плоского врезного шлифования. Экспериментальные данные полностью подтверждают теоретические расчеты, дают аналогичную качественную картину влияния режимов обработки и радиальных колебаний круга на параметры шлифованной поверхности.

Установлено, что увеличение отношения  $60v_k / v_d$  в восемь раз приводит к уменьшению высотных параметров шероховатости  $R_{max}$ ,  $R_z$  и  $R_a$  более чем в два раза. Уменьшение высоты неровностей профиля объясняется тем, что увеличение отношения  $60v_k / v_d$  приводит к увеличению площади участка поверхности круга, зерна которого участвуют в формировании профиля детали, и, таким образом, в формировании поверхности участвует большее количество алмазных зерен. Одновременно часть зерен, расположенных ближе к центру круга, начинает срезать запытообразные срезы, производя радиальный сьем материала, что также приводит к уменьшению высоты неровностей профиля.

Увеличение радиальных колебаний рабочей поверхности круга приводит к росту высотных параметров шероховатости  $R_{max}$ ,  $R_z$ ,  $R_a$ . Так, увеличение амплитуды радиальных колебаний шлифовального круга от 0 до 2 мкм приводит к увеличению среднего арифметического отклонения профиля  $R_a$  в полтора раза. Погрешности установки шлифовального круга на шпинделе станка приводят к возникновению вибраций, отрицательно сказывающихся на точности шлифования. Так, смещение оси шлифовального круга на 250 мкм приводит к увеличению параметра  $R_a$  в четыре раза. Таким образом, эту обработку следует производить при минимальных значениях амплитуд, уменьшить которые можно за счет тщательной правки рабочей поверхности, балансировки круга, регулирования зазоров в подшипниках шпиндельного узла.

## **КОВКА КРУПНЫХ ПОКОВОК ИЗ БЕСПРИБЫЛЬНЫХ СЛИТКОВ ОСАДКОЙ ПЛОСКОЙ ПЛИТОЙ С ОТВЕРСТИЕМ**

Алиев И.С., Жбанков Я.Г., Таган Л.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При изготовлении крупных поковок перспективным является использование в качестве исходных заготовок бесприбыльных слитков. Об этом свидетельствуют результаты их внедрения на отечественных и зарубежных предприятиях.

Недостатком бесприбыльных слитков являются усадочные дефекты и в том числе, наличие под усадочной раковиной зоны материала, обладающего большой неравномерностью химического состава. Используя инженерный метод расчета величины усадочной раковины при кристаллизации слитка, описанный в работе Дюдкина Д.А., произведен расчет геометрических параметров усадочных раковин для бесприбыльных слитков различной массы из номенклатуры НКМЗ и «Ижорские заводы».

В результате расчета установлено, что при увеличении относительной высоты тела слитка относительная глубина усадочной раковины уменьшается. Полученную зависимость относительной глубины усадочной раковины от относительной высоты тела слитка необходимо учитывать при разработке процессовковки крупных поковок из бесприбыльных слитков.

Разработка режимовковки бесприбыльных слитков, обеспечивающих удаление из слитка некачественного металла, является актуальной. Удаление усадочной раковины и части некачественного металла из тела слитка можно осуществлять способами осадки бесприбыльного слитка плитой с отверстием.

В среде конечно-элементной программы QForm-2D проведено моделирование процесса осадки бесприбыльных слитков с усадочной раковиной на плоской плите с отверстием. Для анализа процесса осадки были выбраны слитки НКМЗ и предприятия «Ижорские заводы» с различными соотношениями высоты тела слитка к среднему диаметру от 1.1 до 3.3. По результатам моделирования получены поля распределения логарифмических деформаций и среднего напряжения.

Определили, что по ходу осадки часть металла под усадочной раковиной является наименее проработанной зоной слитка; там сосредоточены самые малые деформации. В процессе осадки часть некачественного металла из усадочной раковины оказывается на торце осаженной заготовки. Это должно быть учтено при составлении чертежа поковки, поэтому необходимо на торец поковки, который будет соответствовать торцу осаженной заготовки, с прибыльной стороны назначать повышенный припуск.

На основе анализа данных по осадке различных слитков установлено влияние диаметра отверстия плиты и отношения высоты тела слитка к его среднему диаметру на величину относительной степени деформации осадки. Установлена графическая зависимость относительной степени деформации, в момент выхода вершины усадочной раковины в отверстие кольца при осадке от относительного диаметра отверстия кольца.



## КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ БОКОВОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ОТРОСТКАМИ

Алиев И.С., Жукова О.А., Абхари П.Б.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Холодная объемная штамповка выдавливанием широко используется в металлообрабатывающих отраслях промышленности. Технологические процессы холодного выдавливания отличаются высокой эффективностью и многообразием возможных вариантов исполнения. Поперечное боковое выдавливание является эффективным и конкурентоспособным методом изготовления сплошных и полых асимметричных деталей с боковыми отроостками разной конфигурации и сечения.

На рис. 1 представлены кинематические варианты процесса бокового выдавливания отроостков. Наиболее просто осуществление выдавливания отроостков с односторонней подачей (способ а). Варианты бокового выдавливания с двусторонней подачей могут быть осуществлены в неподвижной матрице или в матрице, перемещаемой в одном направлении с пуансоном со скоростью, меньшей скорости движения пуансона (схема б). Двустороннее выдавливание может быть реализовано и с последовательной (вначале с одной, потом с другой стороны от полости) подачей металла заготовки в полость матрицы (схема в).

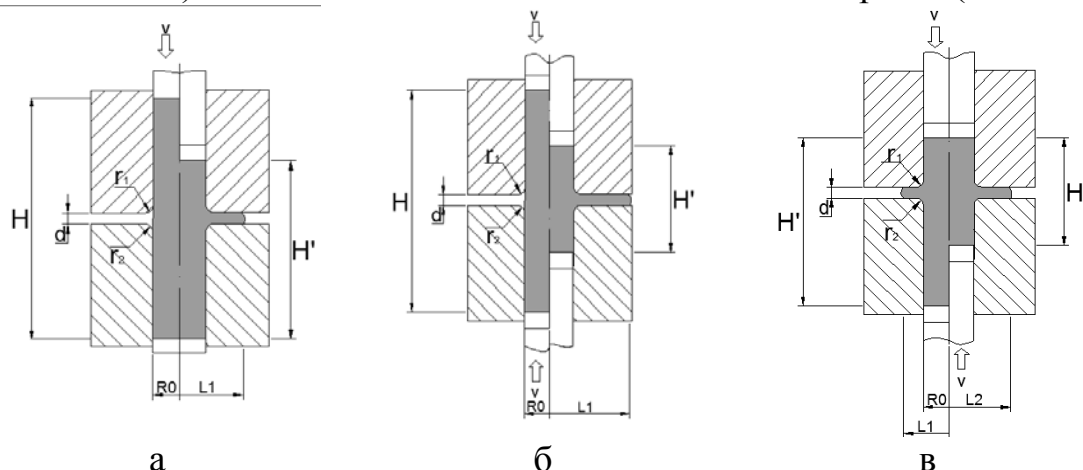


Рис. 1. Способы бокового выдавливания по различным кинематическим вариантам

Методом конечных элементов в программном пакете DEFORM 3D было исследовано распределение степени деформации и выполнена оценка физико-механического состояния деформируемого металла в очаге интенсивной пластической деформации.

Установлено, что наибольшую неравномерность деформирования характерна для способа бокового выдавливания с односторонней подачей, а наибольшую степень заполнения полости при боковом выдавливании позволяет достичь схема выдавливания с последовательной двусторонней подачей. Это позволяет рекомендовать схемы с двусторонней подачей металла в полость для изготовления деталей с отроостками различной конфигурации. Сравнение параметров формоизменения при боковом выдавливании, полученные конечно-элементным моделированием и экспериментальным путем, показало их хорошее совпадение.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА, АНАЛИЗА НИШ И НАДЕЖНОСТИ**

Аносов В.Л.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Необходимо, чтобы выбранная, либо вновь спроектированная конструкция режущего инструмента обладала набором свойств, значения показателей которых являются оптимальными для конкретного потребителя с учетом экономических, эргономических и других ограничений. Система проектирования должна обеспечивала комплексность работ, охват всех аспектов, связанных с созданием новых конструкций изделия. Этапы проектирования должны быть в полной мере ориентированы на автоматизацию.

На начальном этапе выполняется анализ среды функционирования металлорежущих инструментов – функциональный маркетинг, что требует оперативного использования большого числа статистических данных, которые, в свою очередь, могут быть получены из системного банка механообработки. Данные для банка могут быть собраны методами моментных и длительных наблюдений, открытой экспертизой. Для автоматизации работ создан программный комплекс «С–банк МО». Анализ условий эксплуатации инструмента построен на статистике распределений и реализован в информационной системе «StatWorks», предназначенной для определения его потенциальных функциональных ниш и характеристик надежности. Исходными данными для изучения функционального пространства являются вариационные ряды параметров, характеризующих условия использования инструмента. Для торцевых фрез это ширина фрезерования и припуск, которым соответствуют диаметр фрезы, глубина резания, а также связанная с последней длина режущей кромки.

Следующим этапом является анализ целей, выявление критериев оптимальности. Здесь рационально применение метода групповой экспертизы с взаимодействием экспертов, также имеющего программную реализацию.

Морфологический анализ и синтез эффективно может быть использован на этапе предварительного генерирования и отбора конструктивных решений. В качестве критериев оценивания для кассетных торцевых фрез наиболее значимы такие как: виброустойчивость, прочность, приспособленность к обслуживанию, универсальность и технологичность. Количество рассматриваемых признаков часто выражается двузначным числом, поэтому поиск решения приходится проводить в гиперпространстве признаков, что требует разработки эффективных по быстродействию и используемым ресурсам алгоритмов. Разработана информационная система, реализующая алгоритмы последовательной максимизации линейного функционала на неравномерной решетке N-мерной морфологической таблицы.

Анализ надежности на этапе испытаний может проводиться по рядам периода стойкости и времени восстановления с использованием «StatWorks». Показателями здесь являются характеристики распределений, гамма-процентные периоды, анализ которых позволяет внести необходимые изменения в создаваемые конструкции.

## СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ С ДЕКСТРИНОМ

Белобров Е.А.<sup>(1)</sup>, Приходько О.В.<sup>(2)</sup>, Абдулов А.Р.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>КНПП "Формовочные материалы Украины", <sup>(2)</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Как известно, основными компонентами формовочных и стержневых смесей являются огнеупорный наполнитель и связующие. Функция связующих материалов – связывание отдельных зерен огнеупорного наполнителя и придание формовочным и стержневым смесям пластичности при уплотнении и прочности при их изготовлении.

Использование новых типов связующих материалов (синтетических смол) привело к созданию новых технологических процессов изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС). Эти процессы основаны на отверждении синтетических смоляных связующих в присутствии катализаторов твердения при нормальной температуре. Однако, при достаточно высоких технологических свойствах, в своем большинстве, по экспертным данным, эти технологии дают до 70% загрязнений окружающей среды. При нагреве форм и стержней на смоляных связующих в интервале температур 400-1200°C наблюдаются интенсивные выделения фенола, бензола, толуола, крезола, формальдегида, аммиака, окиси углерода, серы и азота.

Кроме этого, производство таких связующих материалов, как фурановые и фенолоформальдегидные смолы, находится за пределами Украины.

Поэтому актуальной задачей литейного производства является создание малоотходных технологий с использованием недефицитных материалов, которые обеспечивают охрану окружающей среды. Одним из таких путей является создание и применение на формовочных и стержневых участках малотоксичных и нетоксичных составов смесей.

Целью настоящей работы стала лабораторно-техническая проработка стержневых смесей, содержащих в качестве связующего в своем составе декстрина. Для этого были изучены такие технологические свойства смесей, как газопроницаемость, механическая прочность, податливость и текучесть.

Работы выполнялись совместно с коллективным научно-производственным предприятием «Формовочные материалы Украины». В исследованных стержневых смесях, кроме декстрина, использовались вольногорский и часовярский пески, порошок бетонит, лигносульфонат технический жидкий (ЛСТЖ), олифа «Оксоль».

Всего было проработано более 20 составов смесей с различными сочетаниями песков, глин и связующих.

Проведенные исследования показали, что стержневые смеси с декстрином демонстрируют достаточно высокие технологические свойства, позволяющие применять их для изготовления литейных стержней.

Анализ полученных данных позволил дать рекомендации по использованию декстрина с различными типами песков.

## НАКАТКА ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Белозерова В.В., Бочарова И.А., Волков В.А.  
(ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)

Увеличение скорости контактирующих поверхностей зубьев зубчатых колес, а также повышение мощности современных машин с одновременным уменьшением их габаритов и веса, требуют применения более прочных и точных зубчатых колес.

Прочность поверхности зубьев зубчатых колес зависит от их материала, методов обработки, а также геометрии и качества инструмента для их нарезки и отделочной обработки. При этом точность и качество поверхности обработанных зубьев в значительной степени зависит от геометрии зубообрабатывающего инструмента, а также схемы формообразования, согласно которой получен этот инструмент.

Как правило, зубчатые колеса выходят из строя ввиду следующих видов разрушения и повреждения рабочих поверхностей зубьев: трещин, поломок, сколов, износа, схватывания и задиров. Чтобы избежать этих дефектов применяются различные технологические методы повышения их усталостной прочности. Наиболее распространенным и простым является метод накатки зубьев при помощи накатника, геометрическая форма которого является аналогичной по форме накатываемому зубчатому колесу.

Увеличение долговечности и износостойкости зубчатых колес в настоящее время целесообразно получать за счет применения разнообразных методов поверхностно пластического деформирования. Поэтому в представленной работе предлагается такую обработку производить за счет накатки зубьев зубчатых колес при помощи, специально спроектированных многозаходных винтовых зубчатых накатников.

Окончательная обработка зубьев зубчатых колес при помощи накатки накатным инструментом может иметь целью повышение чистоты поверхности обрабатываемых зубьев или повышение их усталостной прочности. Однако одновременное достижение этих целей привело к разработке упрочняюще-сглаживающей обработки зубьев.

Существует большое количество накатного инструмента, а также, способов накатки зубьев, которые имеют целый ряд недостатков. Поэтому в представленной работе рассматривается принципиально новый накатной инструмент, полученный при помощи новой схемы формообразования основной инструментальной поверхности, а также рассматривается процесс накатки зубьев зубчатых колес при помощи разработанного инструмента.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

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

Процесс электроконтактной наплавки характеризуется кратковременным нагревом материала и силовым активированием его поверхности. При высоких скоростях нагрева происходит практически мгновенный локальный разогрев контактных участков частиц. Ввиду кратковременности действия тепловых источников частица не успевает прогреваться полностью, кроме того факторы силового и температурного активирования действуют не синхронно: к моменту, когда тепло от контактных участков распространяется по всему объему частицы, факторы силового активирования минуют свой пик, что приводит к появлению несплавлений, выплесков шихтового материала и прожогов. Поэтому при подобной схеме действия и взаимосвязи факторов температурного и силового активирования исключительно важным представляется автоматическое регулирование указанных параметров процесса. Для регулирования силы сварочного тока и мониторинга усилия на ролике-электроде была разработана специальная система управления на базе микроконтроллера LPC2138. Разработанная программной оболочки позволяет использовать контроллер наплавки как с производственной, так и с научной целью. В последнем случае перед каждым импульсом наплавки из памяти SD карты считывается очередная таблица установок напряжения и тока, результаты ее применения сохраняются для дальнейшего анализа, который можно точно привязать к конкретной точке наплавки на обрабатываемой детали. Разработанная микроконтроллерная система позволила стабилизировать процесс электроконтактной наплавки, обеспечивая плавный характер нарастания силы сварочного тока с последующей его стабилизацией. С технологической точки зрения такой характер протекания импульса сварочного тока наиболее благоприятен для удовлетворительного формирования соединения, т.к. снижается вероятность образования прожогов, несплавлений износостойкого материала с поверхностью детали и выплеска шихтового материала сердечника ленты.

## НАПЛАВКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СПЛАВОМ С ИНТЕРМЕТАЛИТНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Богущий А.А.  
(ДДМА, г. Краматорск, Украина)

Повышая стойкость металлорежущего инструмента против действия абразивной среды, динамических нагрузок и нагрева, можно значительно увеличить срок его службы. Одним из наиболее перспективных направлений повышения стойкости металлорежущего инструмента является наплавка дисперсно-твердеющими сплавами систем Fe-Co-W и Fe-Co-Mo режущей кромки на заготовки из конструкционных сталей.

При выборе оптимального способа наплавки отрезных и проходных необходимо учитывать малые размеры наплавляемой поверхности. В качестве оптимального варианта предложен данный способ наплавки самозащитной порошковой проволокой ПП-Х2М7В7К14Ф с принудительным формированием наплавленного металла, отличающийся простотой, не требующей специального оборудования и обеспечивающий получение качественного, бездефектного наплавленного металла.

Обладая высокой износо- и теплостойкостью, твердость этих сплавов, имеющих после закалки низкоуглеродистый мартенсит при отпуске резко возрастает в результате выделения дисперсных интерметаллидных соединений типа  $Co_7W_6$ .

Сплавы с интерметаллидным упрочнением имеют высокий комплекс свойств:

- повышение температуры ( $800-950^{\circ}C$ ) начала фазового превращения, как правило они на  $100^{\circ}C$  выше, чем у быстрорежущих сталей; следствием этого значительно повышается температура начала разупрочнения твердого раствора;

- фазой упрочнителем являются интерметаллид  $Co_7W_7$ , который растворим в небольшом количестве в  $\alpha$  – растворе и значительно больше в  $\gamma$  – растворе. Часть интерметаллидной фазы растворяется в аустените при его образовании выше  $900^{\circ}C$ , а оставшаяся часть интерметаллидов сохраняется при  $1300^{\circ}C$ , задерживая рост зерна. В закалочном состоянии эти сплавы как правило не сохраняют  $\gamma$  – фазы. При отпуске, в интервале температуры  $500-650^{\circ}C$ , начинается выделение частиц интерметаллидной ( $\epsilon$ ) фазы, которые более дисперсны и устойчивы против коагуляций, чем карбиды. В связи с этим сплавы получают более высокую вторичную твердость 66-68 HRC и теплостойкость. Они сохраняют твердость 60 HRC после нагрева при  $700-720^{\circ}C$ , что значительно выше, чем у кобальтовых быстрорежущих сталей.

- теплопроводность этих сталей выше, чем у быстрорежущих, так как они не содержат углерод в растворе. Горячая твердость этих сплавов превышает, а прочность и вязкость – не ниже чем у кобальтовых быстрорежущих сталей. Объемные изменения этих сталей при закалке, как без углеродистых, незначительны. Они практически не деформируются.

Режущие свойства этих сталей наиболее высоки при обработке титановых сплавов, жаропрочных, нержавеющей сталей с аустенитной структурой.

## АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ СКВОЗНОЙ ПРОШИВКЕ

Бондарева Е. Н., Алиева Л. И., Косилов М. С.  
(ДГМА, г Краматорск, Украина)

Детали типа втулок широко применяются во всех отраслях промышленности. Одним из ресурсосберегающих способов получения втулок является безотходная сквозная прошивка [1].

Для нескольких последовательных этапов сквозной прошивки с тремя вариантами формы исходной заготовки были рассчитаны интенсивности деформаций с помощью метода конечных элементов (рис. 1).

Установлено, что наименее проработанной зоной является наружная поверхность втулки, а менее проработанным участком остается верхний внешний угол (логарифмическая деформация порядка 0,46), максимально проработанный – нижний внутренний участок (зона выхода конического торца пуансона из получаемой втулки; логарифмическая деформация порядка 2) (рис. 1, Б).

Наибольшая неравномерность распределения интенсивности логарифмической деформации наблюдается при прошивке заготовок с конической частью (градиент между максимальной и минимальной интенсивностями деформаций составляет 1,94), а наименьшая наблюдается при деформации плоских заготовок (градиент неравномерности – 1,62).

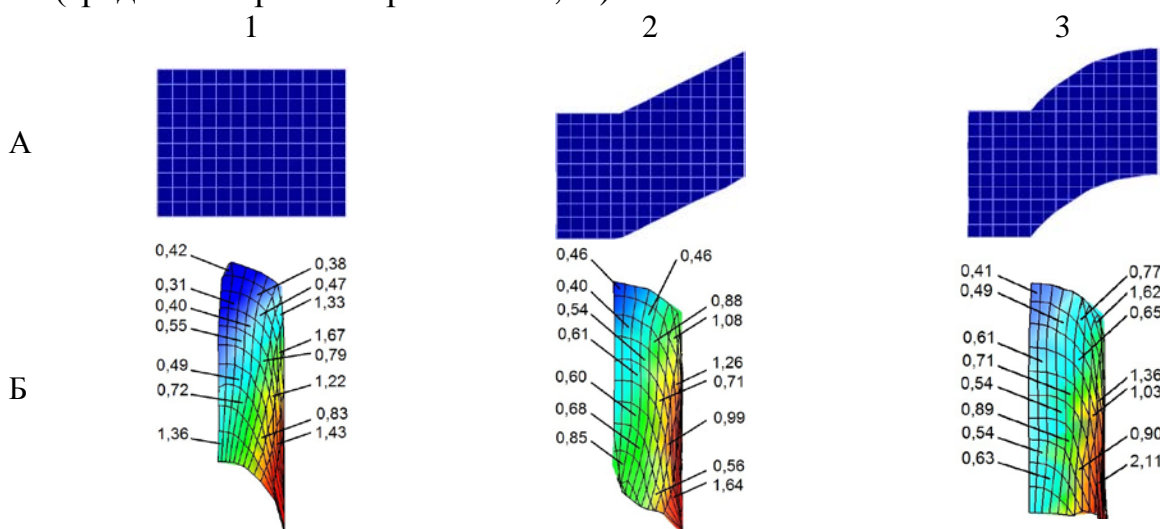


Рис. 1. Распределение интенсивности деформации на последовательных этапах (А – заготовка; Б – конечная стадия – образование втулки) сквозной прошивки заготовок с торцами: 1 – плоскими; 2 – конусными; 3 – со сферическими

Поэтому втулки, получаемые данным способом, можно рекомендовать для использования в механизмах, где наиболее нагруженной частью детали является внутренняя поверхность втулки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Новые способы выдавливания для безотходного изготовления полых деталей типа втулок и колец / Л. И. Алиева, О. В. Чучин, Е. Н. Бондарева, Я. Г. Жбанков // *Обработка материалов давлением. Сборник науч. трудов.* – Краматорск: ДГМА, 2010. – №3. – С. 86-91.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ

Бондарев С.В., Васенок Г.С.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В условиях экономического кризиса главной проблемой на металлообрабатывающих производствах является сохранение и восстановление вышедшего из строя инструмента. Восстановление вышедших из строя при первичной эксплуатации деталей требует минимальных капиталовложений и не требует сложного технологического оборудования, однако технология восстановительной обработки требует совершенствования. Восстановление перспективно в тех случаях, когда в результате эксплуатации детали слабо изнашиваются, но их необходимо снимать с производства из-за потери эксплуатационных свойств.

Восстановление изношенных поверхностей металлорежущего оборудования и инструмента может осуществляться различными способами, наиболее распространенным остается способ восстановления при помощи ручной дуговой наплавки покрытыми электродами. При этом используются, как правило, электроды основного типа, обеспечивающие минимальное содержание диффузионного водорода в наплавленном металле. При сварке такими электродами одной из главных задач является обеспечение требуемого уровня влажности электродного покрытия перед сваркой, что достигается в большинстве случаев применением предварительной прокалки, требующей дополнительного оборудования и значительных затрат электроэнергии.

Использование электродов с увлажненным покрытием может привести к появлению в атмосфере дуги паров воды, диссоциация которых сопровождается появлением атомарного водорода. В этом случае жидкий металл на фронте кристаллизации может быть пресыщен  $H_2$ . В связи с медленным ростом пузырьков кристаллизующийся металл их зафиксировывает, и в сварных швах появится пористость.

С целью устранения дополнительных материальных и энергетических затрат был разработан состав влагостойкой полимерной композиции, которая при нанесении на электродное покрытие образует гидрофобный защитный слой препятствующий попаданию атмосферной влаги. На электроды марки ЦИ-1М наносился слой разработанной влагостойкой композицией и полученными таким образом электродами производили наплавку изношенного инструмента. Механические испытания показали, что наплавленный металл имеет твердость 57–59 HRC, что находится в пределах требуемой твердости рабочей поверхности резца. Таким образом, наплавка электродами, обработанными влагостойкой композицией, позволяет получить слой металла с требуемыми характеристиками, и снизить при этом расходы на восстановительные работы, связанные со значительным расходом электроэнергии при предварительной прокалке обычных электродов.



## МОДУЛЬ ДЛЯ ПРОТОЧКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Быков В.В., Мельникова Е.П., Боднар С.В.  
(АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка, Украина)

Наиболее ответственными и наименее долговечными деталями тормозной системы автомобиля являются тормозной диск и тормозная колодка, которые непосредственно влияют на эффективность и стойкость автомобиля в процессе торможения. В связи с этим совершенствование способов поддержания технического состояния автомобилей в исправном состоянии является актуальной задачей. Одним из альтернативных вариантов замены тормозных дисков может быть обработка на мобильном токарном оборудовании их рабочих поверхностей в эксплуатационный период. В лаборатории «Диагностики» кафедры Технической эксплуатации АДИ ГВУЗ «ДонНТУ» был разработан модуль для восстановления

рабочих поверхностей тормозных дисков автомобилей (рис.1).

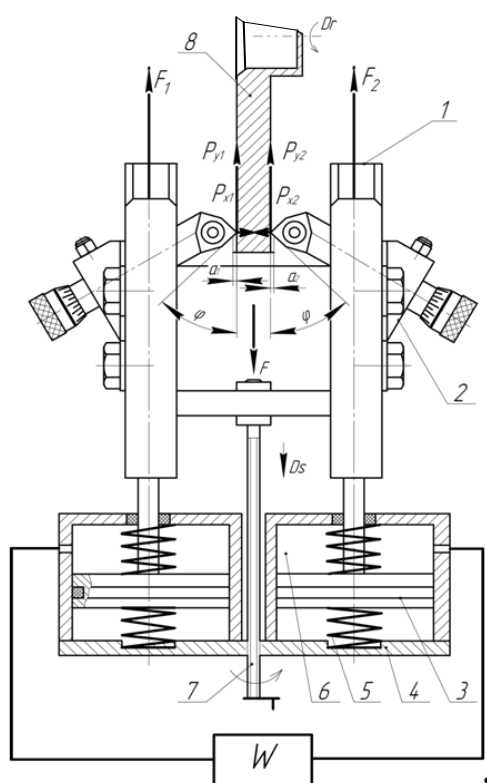


Рис.1. Схема разработанного модуля для двурезцовой обработки рабочих поверхностей тормозного диска: 1 - направляющая резцедержателя; 2 - резцедержатель; 3 - поршень; 4 - корпус; 5 - пружина; 6 - полость с маслом; 7 - винт подачи; 8 - тормозной диск.

Работа разработанной установки осуществляется следующим образом. На каждом резце, закрепленном на резцедержателях, действуют составляющие силы резания, находящиеся в равновесии. При нарушении равновесия сил резания, благодаря наличию гидравлической связи между резцами, система будет стремиться достичь нового равновесия в результате перераспределения мгновенных подач между резцами.

## ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ З ОРІЄНТОВАНИМ ЦЕНТРОМ ЖОРСТКОСТІ

Вакуленко С.В.

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Вібростійкість системи верстата залежить головним чином від пружних параметрів її елементів таких як коефіцієнти жорсткості, їх співвідношення та орієнтація осей жорсткості відносно напрямку дії сили різання. Для забезпечення вібростійкості системи верстата її жорсткість повинна бути більшою в напрямку нормалі до оброблювальної поверхні чи в напрямку дії сили різання, а в інших напрямках жорсткість системи повинна бути меншою, щоб не спричинити втрату стійкості системи внаслідок координатного зв'язку.

Пружна система супорта токарного верстата, як складна динамічна система із багатьма ступенями вільності, має багато власних форм коливань, по кожній із яких можна виділити еліпси переміщень, напрямки головних осей яких не співпадають із загальними осями координат верстата. Інтенсивні автоколивання здійснюються на частоті, що відповідає частоті власних коливань домінуючої пружної системи, а саме до частоти коливання тієї ланки, що має найбільші розміри еліпсу переміщення. Враховуючи цей факт, математично можна представити динамічну систему супорта як одномасову систему із двома ступенями вільності. Подібне спрощення багатоланкової системи допустиме, оскільки коливання на інших частотах під час різання не є домінуючими та мають незначні впливи координатного зв'язку на процес обробки. Спрощена одномасова математична модель потенційно нестійкої системи супорту дозволяє провести теоретичні дослідження втрати сталості за критерієм Найквіста, так як АФЧХ цієї системи, що складається з частотних (додатної та від'ємної) характеристик кожної із двох нормальних форм коливань, перетинає від'ємну дійсну вісь. Вирішенням задачі підвищення вібростійкості обробки є використання інструментального оснащення із орієнтованим центром жорсткості, який корегує еліпс переміщення домінуючої системи супорта на основній його частоті коливань, оскільки ці динамічні ланки є парціальними та зв'язаними між собою. Актуальним питанням є проведення теоретичних досліджень впливу пружних параметрів системи оснащення із орієнтованим центром жорсткості на вібростійкість токарної обробки із урахуванням частотних характеристик формоутворюючих вузлів верстата фізичних властивостей оброблюваного матеріалу та геометрії ріжучого інструмента. За результатами моделювання динамічної системи виявлено, що використання інструментального оснащення із орієнтованим центром жорсткості суттєво підвищує вібростійкість обробки у порівнянні із використанням базового різцетримача.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ТОКАРНЫМИ СТАНКАМИ ЗА СЧЕТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Васильченко Я.В., Савелова И.К.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Станкостроение составляет основу тяжелого машиностроения, которое является базой для развития всех основных отраслей народного хозяйства. Основная группа оборудования машиностроительных предприятий Украины – это токарные станки. Поэтому повышение эффективности работы тяжелого токарного оборудования является актуальной задачей.

Априорно учесть изменения динамического состояния оборудования не только при переходе от одной операции к другой, но и при однотипных операциях технологического процесса практически невозможно. Таким образом, при назначении оптимальных режимов резания необходимо учитывать множество факторов, связанных с фактическим состоянием заготовки, инструмента, технологической жидкости и всей технологической системы в целом. Этим и определяется актуальность оптимизации режимов механической обработки изделий с учетом фактического состояния оборудования в реальном времени.

Целью данной работы является повышение эффективности работы тяжелых токарных станков за счет оптимизации процесса резания в реальном времени.

Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать особенности процесса резания на тяжелом токарном станке, определить пути повышения его эффективности.
2. Провести моделирование нагрузок, действующих на режущий инструмент в процессе резания, и проанализировать изменение температур на передней поверхности.
3. Создать модели для управления процессом резания на тяжелом станке в режиме реального времени.

В работе произведены моделирование и автоматизированный расчет нагрузок, действующих на режущий инструмент, и изменения температур на передней поверхности. В результате работы была создана система математических моделей процесса резания и раскрыта на примере управления оптимальной температурой в зоне резания. Получена функциональная зависимость скорости резания от оптимальной температуры.

Результаты работы могут быть использованы для задач обеспечения качества формообразования в процессе изнашивания оборудования, инструментов и других элементов технологической системы, что является весьма актуальным в настоящее время из-за спада производства и ограниченных финансовых возможностей.

## **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ПОМОЩИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА**

Витренко В.А., Воронцов С.Б.  
(ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)

Объем выпуска зубчатых колес передач увеличивается с каждым годом. Множество зубчатых колес для винтовых зубчатых передач имеют различную конструктивную форму, изготовление которой требует множества различных технологий, а также различных зуборезных инструментов, основанных на схемах формообразования третьего класса. Такие передачи широко распространены в общем машиностроении и применяются в механизмах с малыми мощностями и значительными передаточными отношениями. Бесшумность и плавность работы является одним из основных преимуществ таких передач. Если передаточное отношение меньше восьми, то характер касания зубьев в передаче точечный. Начальное касание зубьев происходит в точке, при этом в зоне контакта возникают значительные скорости скольжения, приводящие к интенсивному износу зубьев.

Упомянутое выше позволяет сказать, что использование любых резервов в области конструирования и технологии изготовления различного вида гиперболоидных зубчатых колес дает значительный экономический эффект, который можно получить за счет улучшения конструкции ортогональной винтовой зубчатой передачи, обусловленной выбором схемы ее формообразования, а также, за счет повышения производительности изготовления зубчатых колес, улучшения их качества с одновременным снижением себестоимости их изготовления.

Нарезать зубья на однополостном гиперболоиде при помощи цилиндрического зубчатого колеса в производственных условиях очень сложно. Для этого необходимо модернизировать станок таким образом, чтобы нарезаемое гиперболоидное зубчатое колесо и инструментальное колесо имели согласованные вращения за счет гитары деления станка, кроме того инструментальное зубчатое колесо должно двигаться в горизонтальной плоскости. Поэтому необходимо в значительной степени модернизировать зубофрезерный станок или спроектировать зубообрабатывающие станки новой конструкции, что в настоящее время является весьма затруднительным процессом.

Для этого был разработан и запатентован способ нарезания гиперболоидных зубчатых колес. Отличие способа заключается в том, что при нарезании зубьев дополнительно настраивают гитару дифференциала зубофрезерного станка.

В работе разработан ряд новых схем формообразования гиперболоидных зубчатых колес, дающих возможность получить гиперболоидные зубчатые колеса одного и того же размера с различным углом наклона зуба с увеличенным коэффициентом перекрытия. Одновременно повышается качество обработки зуба, снижается ее себестоимость и увеличивается производительность.

## О ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СБОРОЧНОГО РЕЗЬБОЗАВЕРТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С КОНТРОЛЕМ МОМЕНТА ЗАТЯЖКИ

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

Ведущей тенденцией машиностроительного производства всегда была необходимость повышения качества продукции, ее надежности и долговечности. В современных сложных условиях экономического кризиса и жесткой конкуренции товаропроизводителей потребительские свойства и качество выпускаемой продукции приобретают стратегическое значение. В полной мере это относится к многочисленным соединениям деталей, используемым в большинстве изделий машиностроения. Резьбовые соединения (РС) являются наиболее распространенными средствами сопряжения и составляют 25–30% от всех других, а трудоемкость их сборки достигает 50% всего объема сборочных работ. Основными причинами такого положения являются сложность автоматизации ряда операций сборки, а также трудности достижения заданного качества из-за влияния большого числа случайных и неконтролируемых факторов, проявляющихся на различных этапах жизненного цикла собираемых элементов. Под качеством резьбового соединения принято понимать способность резьбовых стыков максимально длительное время обеспечивать плотность или герметичность, а с позиций технологии сборки – это достижение требуемого уровня затяжки и минимального разброса используемого при этом контролируемого параметра. В условиях мелкосерийного и индивидуального производства одним из перспективных направлений решения проблемы качественной сборки РС является использование резьбозавертывающего сборочного инструмента, разновидностью которого являются редкоударные гайковерты, позволяющие осуществлять контроль момента затяжки по числу ударов.

Пример результатов обработки экспериментальных данных при затяжке РС за 6 ударов (до момента 100 Нм) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка погрешности контроля при затяжке по числу ударов

Измеряемые величины	Среднее значение	Выборочный стандарт	Критерий Стьюдента	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
Усилие $10^4, Н$	3,8	0,776	3,01	0,624	$\pm 16,43\%$
Момент, $Нм$	106,1	10,87		8,74	$\pm 8,24\%$

Как видно из таблицы, относительная погрешность момента оказалась меньше общепринятых  $\pm 10\%$ . Таким образом, проведенные испытания редкоударных гайковертов подтвердили перспективность их использования и возможность контроля степени затяжки по числу ударов для сборки резьбовых соединений различных размеров

## **ДИФФУЗИЯ МЕДИ В СТАЛЬ НА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЕ ПРИ СВАРКЕ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТА**

Гавриш П.А.

(ДГМА, г.Краматорск, Украина)

В таких отраслях как, - станкостроение, инструментальное производство, химическое машиностроение, металлургия, судостроение, - необходимо выполнять сварку разнородных металлов, например, меди и стали. Работоспособность сварного соединения во многом зависит от физико-химических процессов при сварке. На границе сплавления меди со сталью образуются диффузионные прослойки, снижающие усталостную прочность сварного соединения.

Сварка меди сильно осложняется наличием примесей, которые всегда имеются в ее составе. Еще одна особенность — медь в расплавленном состоянии сильно поглощает водород, в результате чего создаются напряжения, что является причиной появления большого числа микротрещин. При повышенном количестве кислорода в меди образующаяся окись меди снижает предел прочности сварного соединения, особенно при циклическом и термоциклическом нагружении.

Совместная диффузия меди в сталь и стали в медь приводит к образованию трещины когда жидкая медь, проникает в микронадрывы, которые возникают при кристаллизации матричной фазы – стали (согласно эффекту Ребиндера), и термических напряжений растяжения. Необходимым условием возникновения этого эффекта является смачивание стенок капилляра. Из двух фаз, присутствующих в рассматриваемых сталях, жидкая медь смачивает аустенит и не смачивает феррит. Причем давление жидкой меди на сталь равно 20...40МПа.

У неравновесных по нескольким различным признакам кристаллических тел-металлов, в частности, у обладающих искажениями кристаллической решетки, неоднородностью состава, пористостью, дефектами и т. п.; а также металлов и сплавов, к которым приложены внешние силы, при высоких температурах могут идти различные диффузионные процессы. Приближение к термодинамическому равновесию в этих случаях осуществляется с помощью вакансионного механизма.

Таким образом, при сварке разнородных (медь и сталь) элементов металлорежущих станков и инструмента, необходимо учитывать, что размеры трещин, заполненных диффузионной медью зависят от параметров технологии сварки, от физических свойств разнородных металлов, от дефектов кристаллической решетки меди и стали и от реальных дефектов, например, дефектов подготовки сварочных кромок к сварке, оксидных и сульфидных включений в основном металле и т.д.

# СТВОРЕННЯ РОТОРНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ НА ОСНОВІ СИНТЕЗУ КІНЕМАТИКИ ПРОЦЕСУ ТА МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПУ

Гейчук В.М.  
(НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

Розроблені раніше узагальнена математична модель кінематики процесу магнітно-абразивної обробки (МАО) в кільцевій ванні в умовах великих робочих зазорів та критерії активності обробки дозволяють визначити тип, склад та параметри формотворних і додаткових рухів ефективної обробки складнопрофільних деталей (кінцевого та осьового інструменту, лопаток ГТД, дискових фрез та багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин). На основі узагальнення результатів проведених досліджень розроблена методика синтезу структурно-кінематичних схем (СКС) та структурних формул компоновання (СФК) роторних верстатів.

Початковим моментом аналізу і синтезу кінематики верстатів є розгляд вихідних характеристик заготовки та кінцевих характеристик готової деталі.

Типи поверхонь та їх взаємне розташування мають найбільший вплив на базування заготовки в робочій зоні кільцевої ванни, склад елементарних формотворних і додаткових рухів та зв'язків між ними, що визначає кінематичну структуру верстата. Базування деталі в кільцевій ванні виконується таким чином, щоб базова (основна) поверхня та більша частина оброблюваних поверхонь була нахилена до вектора головного руху під кутом якомога ближчим до оптимального кута атаки для матеріалу, з якого виготовлена деталь, і його фізико-механічних характеристик.

Процедури аналізу і синтезу структурно-кінематичних схем та структурних формул компоновання роторних верстатів для МАО базуються на аналізі математичної моделі формоутворюючої системи верстата, яка може бути представлена загальною матрицею координатних перетворень у розгорнутому вигляді.

Вибір способу обробки деталей або завдання сукупності виконавчих рухів вузлів верстату базується на результатах аналізу процесу МАО тієї чи іншої групи/груп деталей, для обробки яких проектується верстат. Вибір установчих та режимних кінематичних параметрів процесу МАО пропонується виконувати за:

- середніми величинами критерію активності обробки для комплексу оброблюваних поверхонь;
- рівномірністю розподілу значень критерію активності обробки по комплексу оброблюваних поверхонь у вигляді максимальних відхилень критерію та його складових від середніх величин, або у вигляді дисперсії критерію та його складових.

На основі аналізу результатів досліджень кінематики процесу МАО зазначених груп деталей, розроблені СКС і СФК верстатів та на їх основі комплект модулів. Він призначений для реалізації гами верстатів для МАО зазначених груп деталей. На основі розробленого комплексу модулів реалізовані конструкції п'яти верстатів. На конструкції чотирьох із них отримані патенти України та Німеччини.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТОРЦОВЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ

Герасимчук Е.М., Вовк В.В.  
(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Определение геометрических параметров режущей части торцовых фасонных фрез в различных точках режущей кромки и представление об их изменениях в процессе резания является важной и актуальной задачей, как для определения работоспособности фрез, так и для определения рациональной конструкции таких фрез.

Определим геометрию передней плоскости торцовых фасонных фрез с профильной схемой срезания припуска для общего случая, когда передняя плоскость не проходит через ось фрезы ( $\gamma \neq 0^\circ$ ,  $\lambda \neq 0^\circ$ ). С этой целью для каждой точки фасонной режущей кромки необходимо определить вектора:  $\vec{P}$  – касательный к режущей кромке;  $\vec{\Pi}$  – касательный к передней поверхности фрезы;  $\vec{V}$  – скорости главного движения резания,  $\vec{V}_S$  – скорости подачи;  $\vec{V}_e$  – результирующего движения.

Для определения этих векторов вводятся две системы координат:  $X_1Y_1Z_1$  – система координат, связанная с режущей кромкой фрезы, и неподвижная система  $XYZ$ , ось  $Z$  которой направлена вдоль подачи фрезы, а ось  $Y$  совпадает с осью  $Y_1$ . Относительное положение этих систем координат определяется углом  $t$  – углом поворота зуба фрезы в процессе резания.

Определенные в системе  $X_1Y_1Z_1$  векторы  $\vec{\Pi}$ ,  $\vec{P}$  и  $\vec{V}$  в системе  $XYZ$  будут:

$$\begin{aligned}\vec{\Pi} &= \{\sin \gamma \cdot \sin t; \cos \gamma; -\sin \gamma \cdot \cos t\} \\ \vec{P} &= \{-\cos \beta \cdot \cos t - \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin t; -\sin \beta; \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos t - \cos \beta \cdot \sin t\} \\ \vec{V} &= \{\sin \mu \cdot \cos t - \cos \mu \cdot \sin t; 0; \cos \mu \cdot \cos t + \sin \mu \cdot \sin t\}\end{aligned}$$

Вектор скорости движения подачи  $\vec{V}_S$  в системе  $XYZ$  запишется:

$$\vec{V}_S = \vec{k} \cdot \frac{S_Z \cdot Z}{2\pi R_i},$$

где  $S_Z$  – подача на зуб фрезы,  $Z$  – количество зубьев.

Вектор результирующего движения резания  $\vec{V}_e$  находим как векторную сумму скоростей главного движения резания и подачи.

Тогда кинематический угол наклона режущей кромки, нормальный и главный передние углы, предварительно определив векторы нормали к передней поверхности и поверхности резания, определяем по зависимостям:

$$\sin \lambda_\kappa = \frac{\vec{P} \cdot \vec{V}_e}{|\vec{P}| \cdot |\vec{V}_e|}, \quad \sin \gamma_{нк} = \frac{\vec{N}_{пк} \cdot \vec{N}_n}{|\vec{N}_{пк}| \cdot |\vec{N}_n|}, \quad \operatorname{tg} \gamma_\kappa = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{нк}}{\cos \lambda_\kappa}.$$

Основываясь на общей методике аналитического определения геометрических параметров режущих инструментов, решена задача по определению геометрии плоской передней поверхности торцовой фасонной фрезы в кинематической системе координат. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании торцовых фрез для обработки фасонных профилей при профильной схеме срезания припуска.



## МЕТОДОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ КІНЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

Глоба О.В. Романко М.С., Милокост С.М.  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Одною з основних вимог при конструюванні елементів авіаційних конструкцій є вимога мінімальної маси, що обумовлено використанням тонкостінних вузлів і конструкцій, зрозуміло, при дотриманні необхідних міцності та жорсткості інструмента і деталі що оброблюється.

Зменшення маси конструкції може бути досягнуто різними шляхами. Одним з них – є виготовлення деталей з жорсткими тонкими стінками і уступами. При цьому, товщина стінки може досягати 0,5 мм., що в свою чергу супроводжується значним навантаженням на стінку деталі при полу-чистовій та чистовій обробці кінцевою фрезою. Тому необхідно використовувати методи, які б давали ефективний процес фрезерування для встановлених параметрів міцності і точності деталі.

Для обробки тонких і нежорстких стінок потрібно враховувати багато факторів, таких як: вібрація (викликаних великими частотами обертання приводу), режими при яких оброблюється деталь, а саме – сили різання та температура у зоні різання, які виникають при тій чи іншій подачі інструмента, глибини різання та частоти обертання приводу інструмента. З удосконаленням устаткування та обладнання, ми в значній мірі вирішуємо проблему з вібраціями у головному приводі верстата.

Завданням роботи являється аналіз сил різання при фрезеруванні тонкостінних деталей із сплавів на основі алюмінію і титану кінцевими фрезами, моделювання процесу чистової обробки на різних режимах різання та огляд стратегій для обробки тонкостінних деталей.

Щоб спрогнозувати сили які діють на тонку стінку з урахуванням фізико-механічних характеристик оброблюваного металу та інструменту, за допомогою програмного забезпечення LS-Dyna, змодельовано процес тонкостінного чистового фрезерування при різних режимах різання і розглянуто навантаження які виникають на стінці деталі при обробці, який дозволяє нам більш точно визначити зусилля на стінку, і товщину припуску після чорнової обробки, а також спрогнозувати стратегії обробки.

При моделюванні стратегій обробки брались до уваги: кількість проходів, яка визначається розмірами стінок і осьової глибини інструмента; жорсткість як фрези так і стінки; високу швидкість різання  $V_c$ , що полегшує обробку тонких стінок, тому що таке сполучення забезпечує скорочення часу контакту і, отже, знижує силовий вплив.

Запропоновано декілька стратегій при обробці тонкої стінки, у залежності від співвідношення висоти до товщини стінки.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛМАЗНИХ ОЛІВЦІВ НА ПЛОСКОШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Грабченко А.І., Пижов І.М., Клименко В.Г.  
(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Практика застосування синтетичних полікристалічних (СПА) і природних алмазів показує, що їх потенційні можливості використовуються далеко не повністю. Фахівці вважають, що шляхом використання нетрадиційних підходів можна не тільки усунути цей недолік, але і істотно розширити сфери застосування алмазів. Так, наприклад, вже доведена висока ефективність лезових інструментів із СПА для чистової обробки чавунних гільз [1]. Це стало можливим головним чином за рахунок застосування низки технічних заходів щодо зниження температури в контактній зоні (нижче за критичне для алмазу значення, тобто  $T \leq 700^\circ\text{C}$ ), що не дозволило проявитися відомому ефекту спорідненості матеріалів. Температурний фактор має суттєве значення і у випадку правки абразивних кругів алмазними олівцями. Згідно ГОСТ 607-80 у цьому випадку рекомендується використовувати рясну подачу МОТС (не менш ніж 20л/хв.). Найбільш ефективно це можна вирішити стосовно правки торцевих кругів на верстатах з вертикальним шпинделем (рис. 1).

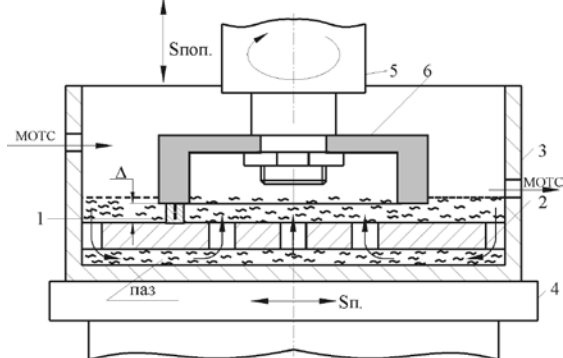


Рис. 1. До способу правки круга.

Згідно запропонованого нами способу алмазний олівець 1 встановлюється на спеціальній плиті 2 ванни 3, розташованої на столі 4 верстата з вертикальним шпинделем 5. У плиті 2 є система отворів або подовжніх і поперечних пазів. Вони призначені для подачі рідиної МОТС у внутрішню порожнину торцевого круга 6 за відомим методом сполучених посудин.

В подальшому ця рідина під дією відцентрових сил інтенсивно прокачується через зазор  $\Delta=0,1-0,3$  мм між робочою поверхнею круга (РПК) і плитою 2 і добре охолоджує зону правки. Рівень МОТС у ванні повинен бути вищим за рівень РПК. Якщо в олівцях використовувати CVD-алмази, які мають більші значення мікротвердості (до 9000 HV) і теплопровідності (до 2200 Вт/м·К) в порівнянні з СПА, отриманими по інших технологіях [2], то рівень їх питомої продуктивності наближується до рівня олівців з природних алмазів.

В цілому використання запропонованого способу правки дозволяє підвищити загальний термін служби алмазних олівців на 15-20%.

Список літературних джерел

[1]. Audi schlichtet GJV-Zylinderbohrungen mit PKD. [http://www.idr-online.com/german/pages/archive/2003\\_2/05\\_art/Art05\\_02\\_03.htm](http://www.idr-online.com/german/pages/archive/2003_2/05_art/Art05_02_03.htm).

[2]. Пыжов И.Н. Состояние вопроса и перспективы применения алмазов, полученных методом CVD. / Пыжов И.Н., Васильев А.В., Клименко В.Г. Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб.– Харьков: 2011.-Вып.80.-С. 226-235.

# ВЛИЯНИЕ УГЛОВ УСТАНОВКИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН В КОРПУСЕ СБОРНОГО СВЕРЛА НА ВЕЛИЧИНУ РАДИАЛЬНОЙ НЕУРАВНОВЕШЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

Гринёв Ю.А., Воеводина Т.А., Кундеус В.В.  
(ДонНТУ, г. Донецк, ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Конкурентоспособность современного машиностроительного предприятия обеспечивается высокой производительностью технологических процессов и минимальной себестоимостью изготовления продукции. Одним из основных ограничивающих факторов при повышении производительности и снижении себестоимости механической обработки выступает работоспособность режущего инструмента. Так, при обработке отверстий в железнодорожных рельсах сборными сверлами с механическим креплением твердосплавных пластин, основной причиной снижения производительности является преждевременный выход из строя режущих пластин, связанный с их катастрофическим износом. При этом часто поломка пластины приводит к поломке дорогостоящего корпуса сверла, что оказывает влияние на себестоимость производимой продукции. В технической литературе причинами преждевременного выхода из строя режущих пластин называются особенности процесса сверления: практически нулевая скорость резания вблизи оси сверла и наличие неуравновешенной радиальной составляющей силы резания. Для повышения работоспособности сборных сверл предлагается за счет подбора сочетания геометрических и конструктивных параметров обеспечить минимизацию неуравновешенной радиальной составляющей. Для решения поставленной задачи рассматривали конструкцию сборного сверла фирмы Wagner, с помощью которого производится обработка отверстий диаметром 36 мм в железнодорожных рельсах на предприятии «Азовсталь». По предложенной нами методике производился расчет составляющих силы резания с подстановкой различных значений угла установки – угла наклона главной режущей кромки периферийной пластины в корпусе сверла. Значение угла изменялось в диапазоне от нуля до 10 градусов. Результаты расчетов неуравновешенной радиальной составляющей при различных углах наклона главной режущей кромки периферийной пластины представлены на рисунке 1. Как показывает расчет, минимальное значение неуравновешенной радиальной составляющей соответствует углу наклона главной режущей кромки равному 3,7°.



Рис. 1 – Зависимость неуравновешенной радиальной составляющей от угла наклона главной режущей кромки периферийной пластины

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА НАПЛАВКОЙ

Гринь А.Г., Бойко И.А., Жариков С.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время одним из направлений снижения затрат на производство продукции в машиностроении и металлургии является разработка технологии изготовления инструмента (режущего, прессового, штампового), обеспечивающего увеличение производительности и повышение стойкости при обработке. Эти показатели достигаются за счет улучшения эксплуатационных свойств инструментальных материалов, а также возможности экономии таких материалов в случае применения технологии изготовления или восстановления инструмента с применением наплавки теплостойкими сталями высокой твердости. Важная роль в реализации этого процесса принадлежит наплавке самозащитными порошковыми проволоками (СПП).

Целью настоящей работы явилось определение влияния легирующих добавок в состав СПП, определяющих эксплуатационные свойства инструмента, на отделимость шлака.

В работе проведена оценка некоторых шлаковых систем порошковых проволок для износостойкой наплавки по отделимости шлаковой корки. Установлено, что отделимость шлака ухудшается при увеличении содержания в нем  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ , что связано с усилением сил взаимодействия на границе раздела соприкасающихся фаз. С повышением содержания оксидов в составе шлаков проявляется склонность к ухудшению их отделимости, особенно это заметно при повышении количества  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . В шлаках, где изменение содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в пределах 0-6% происходит ухудшение отделимости в 1,5 – 1,9 раза. С повышением количества  $\text{WO}_3$  в составе исследованных шлаков их отделимость ухудшается на 3 – 14%. Увеличение содержания  $\text{V}_2\text{O}_5$  в шлаках в пределах 0-6% вызывает ухудшение их отделимости в 1,05-1,67 раза.

Эффективность влияния оксидов  $\text{WO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$  – на отделимость шлаков объясняется данными по их влиянию на адгезию. При увеличении количества в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  шлаке существенно снижается его адгезия при сокращении или хорошей смачиваемости подложки из наплавленного металла. Оксиды ванадия на величину адгезии практически не оказывают влияния, оставляя ее в пределах 668-672 мДж/м<sup>2</sup>. При повышении содержания в шлаке  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  на поверхности валика после удаления шлаковой корки остаются прочно прилипшие частицы шлака, что можно отнести к наличию промежуточного слоя, в котором с помощью рентгеноструктурного анализа обнаружены хромовые и ванадиевые шпинели.

Лучшая отделимость шлаковой корки при наплавке самозащитными порошковыми проволоками комплексно легированных сплавов проявляется в том случае, когда наполнитель содержит оксид титана и диоксид циркония. Это объясняется тем, что данный шлак проявляет комплекс физических свойств, вызывающих снижение силы сцепления шлака с металлом наплавки.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН С ТОРОИДНЫМ ОТВЕРСТИЕМ

Гузенко В.С., Лаврентьева Н.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В современных конструкциях инструментов значительное место занимают сменные режущие пластины с коническим или тороидным участком отверстия, закрепляемые эксцентрично расположенным винтом с конической головкой. При этом примыкающее к пластине резьбовое соединение подвергается значительным осевым и изгибным нагрузкам. Уменьшение деформаций резьбового участка винта особенно важно в конструкциях инструмента для тяжелого резания, в которых применяются пластины большого сечения и имеют повышенный разброс смещений оси отверстия относительно упорных поверхностей.

С целью повышения надежности инструмента в корпусе 1 закреплена режущая пластина 2 с фасонным отверстием 3 посредством винта 4 с конической головкой 5 и пружинящей шейкой 6 на резьбовой части 7 (рис 1). Пружинящая шейка 6 расположена на резьбовой части винта 4, делит его на два участка 8, 9. За счет эксцентричного величину  $a$  расположения осей отверстия пластины и головки винта происходит поджим пластины к упорной поверхности. При дальнейшем осевом перемещении винта происходит изгиб винта за счет упругой деформации пружинящей шейки 6.

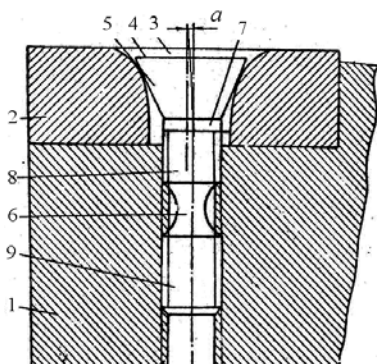


Рисунок 1 – Узел крепления пластины с тороидным отверстием



Рисунок 2 – Напряженно-деформированное состояние винта при закреплении пластины

Анализ напряженно-деформированного состояния винта подтверждает существенное снижение изгибных напряжений в верхней части резьбового участка винта за счет наличия упругого участка в виде шейки, который воспринимает основную изгибную деформацию винта (рис. 2). Значительную осевую нагрузку принимает на себя резьбовое сопряжение концевой участка винта с корпусом, повышая при этом надежность закрепления.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ ПО ЦИЛИНДРИЧЕСКОМУ ОТВЕРСТИЮ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗЦА

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

Копировальная обработка колесных пар характеризуется существенными изменениями сил резания и их направлениями в плоскости ХУ. С целью повышения надежности базирования в радиальном направлении по цилиндрической поверхности отверстия режущей пластины, а также улучшения жесткостных характеристик сборного чашечного резца, разработана усовершенствованная конструкция сборного чашечного резца (рисунок). Коническая часть упорной разрезной втулки контактирует как с конической торцевой поверхностью цилиндрического выступа опорного элемента, так и с торцевой частью головки болта. Закрепление пластины осуществляется разрезной втулкой по ее цилиндрической поверхности отверстия.

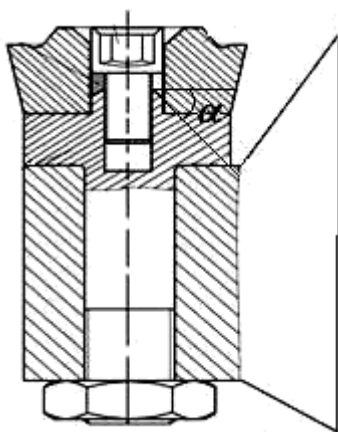


Рисунок – Усовершенствованная конструкция сборного чашечного резца

Динамический расчет сборной конструкции чашечного резца выполнялся путем построения амплитудно-частотной характеристики для основной собственной формы колебаний режущей пластины.

При увеличении угла конуса с  $\alpha = 30^\circ$  до  $\alpha = 60^\circ$  частота собственных колебаний режущей пластины увеличивается в два раза, то есть АЧХ перемещается в область более высоких частот, что говорит о более жестком закреплении режущей пластины.

Таким образом, проведенные исследования показали, что с целью повышения надежности базирования по цилиндрической поверхности отверстия режущей пластины в плоскости ХУ угол конической торцевой поверхностью цилиндрического выступа опорного элемента целесообразно увеличить до  $\alpha = 60^\circ$ .

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ СИТАЛЛОВ**

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

При круглом наружном шлифовании тонкостенных крупногабаритных оболочек вращения из ситаллов достаточно сложным является решение проблемы снижения вибраций при резании. Появление вибраций связано со следующими факторами: нетехнологичностью обрабатываемой заготовки (толщина стенки во время выполнения технологических переходов составляет 7...10 мм при диаметральных размерах изделия до одного метра и его длине – до полутора метров); особенностями схемы резания, связанными с консольным базированием заготовки на станке, приводящим к низкой и переменной по длине изделия жесткости системы. Вибрации, в свою очередь, снижают точность формируемой поверхности, способствуют появлению на ней волнистости, высокой шероховатости, развитию дефектного слоя за счет чего увеличивается трудоемкость доводочных операций.

Шероховатость и волнистость шлифованной поверхности обусловлены колебаниями, возникающими в зоне контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой, которые определяются разностью относительных перемещений осей круга и заготовки в процессе шлифования. Формирование волнистости в значительной степени определяется схемой резания, что отражено в кинематической модели формообразования. На основании этого были разработаны уравнения силового баланса, учитывающие динамические характеристики подсистем «шпиндельный узел – приспособление - заготовка» и «шпиндель – агрегатная головка - суппорт», а также демпфирование и жесткость контакта инструмента и заготовки. Параметры вибрации поверхности тонкостенной оболочки вращения были смоделированы при помощи дифференциального уравнения второго порядка с периодическими коэффициентами. Реализация математической модели осуществлялась при помощи системы имитационного моделирования Simulink. Шаг волнистости зависит от частоты колебаний в зоне контакта. Расчетная частота колебаний составила 0,17 Гц против реальной частоты колебаний в 0,11 Гц, найденной по профилограмме обработанной поверхности заготовки, что свидетельствует о достоверности выполненных расчетов. Таким образом, основными факторами, определяющими амплитуду и частоту колебаний оболочки, являются: собственная частота и форма ее колебаний (зависят как от формы, размеров, геометрии, толщины самой оболочки, так и от способа её установки на станке, в том числе и от конструкции оправки); величина приложенной нагрузки (силы резания); параметры режима резания (в частности, скорость вращения заготовки при обработке). На основании полученных результатов планируется разработка технологических мероприятий по повышению устойчивости процесса шлифования тонкостенных оболочек вращения из ситалла.

## МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВОБОДНОГО АБРАЗИВА СО СВЯЗКОЙ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА И ПРИТИРОМ

Гусев В.В., Медведев А.Л., Ронсаль Д.В.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Одним из перспективных способов повышения производительности обработки и качества изделий при шлифовании является управление состоянием рабочей поверхности круга (РПК). Одним из направлений воздействия на РПК является способ правки шлифовальных кругов (ШК) свободным абразивом. До настоящего времени отсутствует теоретическое объяснение процесса взаимодействия свободного абразива с РПК и притиром при правке.

Процесс воздействия свободного абразива на РПК можно представить как результат абразивного износа связки ШК и притира. Двигаясь в зазоре сопряжения притир-шлифовальный круг, со всевозрастающим внедрением в материалы поверхностей, абразивная частица деформирует их некоторые объемы упруго, пластически, а затем производя микрорезание. Принято, что глубины внедрения абразивной частицы в поверхности притира и связки круга обратно пропорциональны их твердостям по Бринеллю. Для суммирования повреждений, производимых всеми абразивными частицами на прилегающих к ним поверхностях, определяется число частиц, попадающих на ШК.

С другой стороны, процесс правки – процесс динамического изменения текущего зазора  $H$  между притиром и ШК во времени  $t$ . От величины зазора  $H$  зависит, происходит ли в данный промежуток времени правка ШК или нет. При достаточно большом начальном зазоре, превышающем размер зерна свободного абразива, процесс правки не происходит. Со временем, при увеличении выступания алмазных зерен над поверхностью связки ШК, в процессе правки, доля зерен свободного абразива участвующих в удалении материала связки и притира уменьшается. Это приводит к уменьшению интенсивности процесса правки, а максимальная величина выступания алмазных зерен из связки стабилизируется.

Исходя из вышесказанного, математическая модель износа связки ШК отражает в себе следующие группы факторов: абразивное воздействие, механические свойства материалов, кинематические и геометрические параметры сопряжения поверхностей, динамическое изменение зазора между притиром и ШК во времени.

С увеличением времени правки износ рабочей поверхности ШК увеличивается и имеет нелинейный характер. Это обусловлено изменяющимся количеством зерен участвующих в удалении связки ШК и изменением зазора между поверхностями притира и ШК. Экспериментальная проверка разработанной математической модели процесса правки показала ее адекватность. Она позволяет прогнозировать влияние на процесс износа связки ШК и материала притира входных характеристик процесса правки и выбрать их рациональные значения.



## МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ КОЛИВНОЇ СИСТЕМИ «ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ-ОСНОВА»

Данильченко Ю.М., Петришин А.І.  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Динамічну якість шпindelних вузлів оцінюють за динамічними характеристиками, основними з яких є частоти власних коливань і форми коливань на цих частотах. Основним призначенням цих характеристик є оцінка рівня коливань переднього кінця шпindelя, але вони можуть використовуватись і при порівнянні варіантів конструкцій. Найбільш показовими в цьому випадку є форми коливань на власних частотах.

Методи розрахунку власних частот і форм коливань шпindelних вузлів, як окремих механізмів загальновідомі, але визначення цих характеристик з врахуванням пружних і дисипативних зв'язків шпindelного вузла з іншими вузлами верстата потребує розробки нових підходів до розрахунку. Так, переважна більшість досліджень в цьому напрямку стосується врахування умов закріплення в шпindelі інструмента або заготовки. Питання ж врахування впливу на динаміку шпindelного вузла його пружного закріплення на основі (станині верстату) на даний час вирішене лише для випадку визначення частот власних коливань системи «шпindelний вузол-основа».

Метою цієї роботи є дослідження закономірностей впливу пружного закріплення шпindelного вузла на основі (станині верстату) на форми коливань системи «шпindelний вузол-основа».

Розрахункова модель представлена у вигляді механічної коливної системи, що складається з двох підсистем: шпindelя на чотирьох опорах і корпусу, що закріплюється на основі (станині) на двох опорах. Опори володіють пружно-дисипативними властивостями. Шпindel і корпус розглядаються як стержні із розподіленою масою. Для складання рівнянь рівноваги в точках розмикання підсистем використовується метод динамічних податливостей. Локальні динамічні податливості підсистем визначаються із використанням методу перехідних матриць.

Досліджується шліфувальна головка гільзового виконання. Корпус головки виконано у вигляді гільзи діаметром 65 мм і довжиною 250 мм. Вал шпindelя змонтовано на дуплексованих радіально-упорних кулькових підшипниках типу 36104К, зібраних за схемою “тандем-Х”. Система попереднього осьового натягу підшипників – пружна.

Проведено обчислення частот власних коливань і форм коливань на цих частотах окремо для підсистем і для системи загалом.

Встановлено, що закріплення шпindelного вузла на основі (станині верстата) призводить до суттєвих змін як частот власних коливань парціальних підсистем, так і форм їх коливань на цих частотах.

Показано, що аналіз форм коливань дозволяє оцінити не лише динамічну якість конструкції, але й результати взаємодій парціальних підсистем.

## КОВКА БЕСПРИБЫЛЬНЫХ СЛИТКОВ ПЛИТАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Жбанков Я.Г., Шкира А.В., Таган Л. В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Применение бесприбыльных слитков дляковки крупных поковок на отечественных и зарубежных предприятиях показывает высокую экономическую эффективность, о чем свидетельствуют результаты внедрения таких технологий на заводе Green Rivier Steel Corp. Применение бесприбыльных слитков показало высокую эффективность и на таких предприятиях как НКМЗ, УЗТМ, ДЗМ.

Особенностью при ковке бесприбыльных слитков является необходимость удаления из тела слитка некачественного металла, для повышения качества поковки. Удалить дефектный металл из тела слитка возможно осадкой бесприбыльного слитка на плите с отверстием. Рассмотрены схемы осадки бесприбыльного слитка вогнутой и выпуклой конусной плитой с отверстием (рис. 1). Проведено сравнение показателей напряженно-деформированного состояния слитков в процессе их осадке плоской, вогнутой и выпуклой плитой с отверстием.

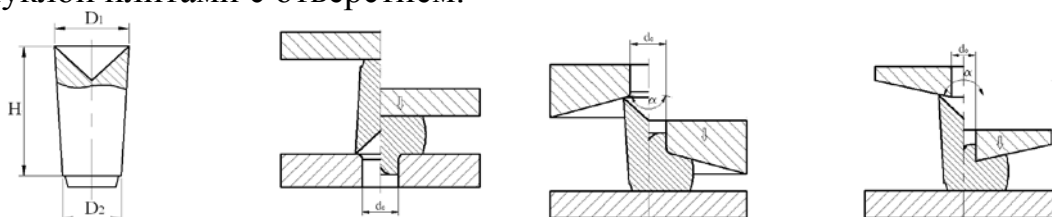


Рис. 1. Способы осадки бесприбыльного слитка на плоской плите с отверстием, вогнутой конусной плитой с отверстием и выпуклой конусной плитой с отверстием

Установлено, что по ходу осадки конусной вогнутой плитой, с отверстием наименее проработанной зоной слитка является часть металла под усадочной раковинной, там сосредоточены самые малые деформации. В среднем по телу осаженной заготовки деформации сосредоточены достаточно равномерно. Определили, что конусность вогнутых плит не способствует затеканию дефектного металла слитка, находящегося в районе усадочной раковины в отверстие. Относительная степень деформации при осадке, при которой вершина усадочной раковины перемещается в отверстие плиты, здесь больше чем при осадке слитка плоской плитой с отверстием.

Сравнение полей распределения деформаций по сечению слитка при осадке для различных схем осадки, показывает, что величина деформаций в заготовке полученной осадкой выпуклой плитой меньше деформаций в заготовке полученной осадкой плоской плитой с отверстием и намного меньше, чем в случае осадки вогнутой плитой. Так при осадке плоской плитой с отверстием слитка массой 10 тон логарифмические деформации в теле заготовки достигают 1.5-1.6, при осадке такого же слитка вогнутой плитой они достигают 1.8-2, а при осадке выпуклой плитой они достигают в среднем 1,5 единиц.

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ВИБРАЦИЙ: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Залога В.А., Гонщик А.В., Зинченко Р.Н.  
(СумГУ, г. Сумы, Украина)

Диагностика состояния режущего инструмента (ДСРИ) является крайне важной для осуществления эффективного процесса механической обработки, при котором режущий инструмент находится в постоянном или прерывистом контакте с материалом заготовки и подвергается непрерывному изнашиванию. Износ режущего инструмента ухудшает качество обработанной поверхности и приводит к нежелательным и непрогнозируемым изменениям в геометрии детали. Сегодня ДСРИ приобретает еще более высокую важность, чем когда-либо, поскольку необходимыми становятся производственные системы, которые смогли бы обеспечить более высокую автоматизацию и гибкость, обеспечивая при этом высокий уровень производительности.

Использование систем ДСРИ позволяет: увеличить производительность и снизить себестоимость обработки за счет повышения надежности обработки на более жестких режимах резания (увеличенные скорости резания, подачи и др.); сокращения брака изделий и расхода инструмента; повысить надежность работы обрабатывающих систем за счет своевременной замены предельно изношенного или поломанного инструмента на инструмент-дублер; повысить точность обработки благодаря вводу коррекции положения исполнительного органа станка с учетом степени износа инструмента; предохранить механизмы и узлы станка от поломок и преждевременной потери их точности и т.п.

Чаще всего решения в системе ДСРИ принимаются на основании анализа данных о силе резания, параметрах вибрации, спектре акустической эмиссии, токе и мощности электродвигателя, колебаний скорости вращения шпинделя. Среди всех сигналов, возникающих в процессе обработки, вибрация обладает достаточной информативностью о состоянии режущего инструмента. Вибрационная диагностика обладает большими перспективами и может применяться в режиме реального времени. Как показывает проведенный литературный обзор, системы ДСРИ построенные на регистрации и обработке вибраций, возникающих во время обработки, обладают достаточной чувствительностью к изменению состояния РИ. За последнее десятилетие было большое количество работ по вопросу диагностики состояния РИ с использованием данных о вибрации, как отечественных исследователей так и нет. Основные работы были опубликованы авторами: : В.В. Нагорный, В.А. Залога, Г.А. Оборский (Украина); В.В. Постнов (Россия); K. Jemielniak (Польша); A. Antic, M. Zeljkovic (Сербия); A. Gajate, R.E. Haber, A.J. Vallejo, J.R. Alique (Испания); A.D. Hope, G.A. King (Великобритания); W.Y. Ni, Y.X. Liu (США); S. Tangjitsitcharoen, C. Rungruang (Таиланд); D. Li, H. Gao, P. Fu (Китай); V.S. Sharma, S.K. Sharma (Индия); K. Mitsui, H. Aoyama (Япония); M. Mahardika, Z. Taha (Малайзия); D. Suharto (Индонезия) и др.

## ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ФАХІВЦЯ

Залога В.О, Івченко О.В., Бятова Н.О.  
(СумДУ, м. Суми, Україна)

На теперішній час, розвиток і становлення української держави залежить від підготовки висококваліфікованого персоналу в різних сферах економіки. В той же час основним завданням нашої держави є прагнення до інтеграції в європейський освітній простір, в центрі уваги якого перебуває концепція якості системи вищої освіти. Це зумовлює необхідність розв'язання комплексу завдань, пов'язаних з реформуванням національної системи підготовки фахівців, яка б не тільки відповідала, але й перевищувала вимоги світових стандартів освіти. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є розробка рекомендацій щодо моделювання професійної та соціальної діяльності фахівців, тобто розробка моделі фахівця, відповідно до якої повинна бути організована діяльність ВНЗ щодо його, в першу чергу, функціональної підготовки.

Метою цієї роботи є встановлення основних складових, що входять до моделі фахівця, на основі проведення досліджень різних наукових підходів щодо її розробки.

Відомо, що сучасний ринок праці характеризується швидкозмінними вимогами споживачів щодо майбутніх працівників. Для вирішення цих завдань, на основі аналізу результатів проведених досліджень, в роботі запропоновано використовувати модель фахівця.

Під поняттям «модель фахівця» запропоновано розуміти ідеал, еталон, образ фахівця, який потрібно реалізувати (створити) за час відведеного терміну навчання. Модель виступає системотворним чинником для відбору змісту освіти і форм його реалізації в учбовому процесі.

Запропоновано систему факторів, що впливають на формування моделі фахівця та на зміст освіти майбутнього спеціаліста.

Встановлено, що загальну модель фахівця доцільно моделювати відповідно до 3-х складових: модель підготовки фахівця, модель особистості та модель діяльності.

Таким чином, для формування вимог до змісту підготовки майбутнього фахівця необхідно розробити таку модель фахівця, яка повинна (на певний період часу підготовки фахівця) давати однозначні відповіді на такі питання: якими якостями повинен володіти випускник вищої школи, що він повинен знати і уміти, які межі його професійної діяльності. Спроектована модель повинна задовольняти потреби суспільства в контексті сучасних ринкових перетворень.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ТЯЖЕЛОГО МНОГООПЕРАЦИОННОГО СТАНКА

Иваник И.А., Ковалёв В.Д.,  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время всё более актуальным становится вопрос создания тяжёлых многоцелевых станков на базе тяжелых токарных, которые смогут заменить целый комплекс тяжёлых станков. Обработка крупногабаритных деталей – процесс, к которому предъявляется два основных требования: производительность и точность получаемого размера. Соответственно, и оборудование, применяемое при данном процессе, должно иметь достаточную жесткость, точность и скорость, необходимую для успешной реализации поставленной задачи

Станина служит главным образом для монтажа всех основных частей станка. Она должна на протяжении длительного времени обеспечивать правильное взаимное положение и перемещение частей станка при всех предусмотренных режимах работы. Поэтому вопросы расчета и оптимального конструирования несущих систем имеют первостепенное значение.

Элементы несущей системы по массе составляют 80-85% от массы станка. Поэтому экономия металла в машиностроении наиболее эффективна в направлении снижения массы именно этих деталей, и вопросы расчета и оптимального конструирования несущих систем имеют первостепенное значение.

Несущие системы станков должны обеспечивать и сохранять в течение срока службы станка возможность обработки с требуемой точностью. Основными критериями работоспособности несущей системы являются жесткость и виброустойчивость. Базовые детали станков рассчитывают на жесткость и температурные деформации с точки зрения точности.

Всё чаще применяют сложные, но достаточно точные расчеты на основе метода конечных элементов, с помощью которого можно рассчитать абсолютное большинство конструктивных элементов, узлов и конструкций, изготовленных из самых разнообразных материалов, имеющих различную природу.

Для совершенствования конструкции тяжелых станков эффективным путем является моделирование работы элементов несущей системы станка, как в естественных условиях, так и с помощью современных информационных технологий с целью обеспечения максимальной жесткости, грузоподъемности.

Разработаны рекомендации, касающиеся повышения точности тяжелых многооперационных станков.

Спроектированная модель станины тяжелого многооперационного станка для обработки деталей массой до 25 тонн, с возможностью обработки деталей длиной до 8 метров и диаметром обработки 2 метра позволяет моделировать деформации при различных нагрузках. Результаты расчетов элементов несущей системы станков при повышенных рабочих нагрузках показывают, что необходимая жесткость и точность обеспечена.

## **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ МНОГОКОНТАКТНЫМ ТУРБОЦЕНТРОБЕЖНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

Иванов И.Н., Иванов А.И.

(ДГМА, г. Краматорск, КБМ им. Морозова, г. Харьков)

Многоконттактная отделочно-упрочняющая обработка является новым технологическим процессом поверхностного пластического деформирования (ППД). Конструктивные особенности инструмента и кинематика процесса позволяют осуществлять обработку по схеме качения с упруго-пластическим контактом или по схеме выглаживания в результате проскальзывания деформирующих элементов при неравенстве относительно скоростей вдоль контура контакта. В зависимости от соотношения относительных скоростей многоконттактная обработка может осуществляться по схеме нормального или косоугольного приложения нагрузки.

На поверхности и в поверхностном слое деталей протекают сложные многофакторные процессы. Результаты их решения обычно представляют частный эмпирический характер и затрудняют оптимизацию процесса.

Для получения логической теории многоконттактной отделочно-упрочняющей обработки технологический процесс целесообразно разделить на отдельные стадии вдавливания, качения или скольжения, а для их решения привлечь известные законы упругости и пластичности.

С целью упрощения громоздкости аппарата, возникающей в результате одновременного проявления законов упругости и пластичности в переходных областях, а также из-за необходимости учета взаимного влияния элементарных объемов, предлагается применить принцип самоорганизации неоднородных процессов. Его сущность состоит в том, что следствием возникновения неоднородной деформации является самоорганизация очагов деформации, переходных областей и связей между ними. При многоконттактной обработке в качестве основного критерия самоорганизации процесса необходимо использовать показатель прироста опорной площадки при вдавливании деформирующего элемента в упруго-пластичной области.

Применение данного подхода позволяет аналитическим путем определить режимы обработки, установить связь между технологическими, физико-механическими и геометрическими параметрами обрабатываемых изделий, характером остаточных напряжений, осуществить оптимизацию технологического процесса. Для оптимизации процесса требуется провести минимальное количество экспериментов, что снижает затраты на подготовку производства и создает оптимальные условия для внедрения.

## ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СВЕРДЕЛ ІЗ ЗМІННИМ КРОКОМ ГВИНТОВОЇ ЛІНІЇ

Івановський О.А.  
(НТУУ «КПІ», г. Киев, Україна)

У роботі показано, що похідна зносу по шляху різання в кожен конкретний момент часу різання (або при конкретному значенні пройденого шляху різання) називають інтенсивністю зношування або відносним зносом поверхні інструменту.

Функція по відведенню осі отвору може бути описана виразом:

$$f(\Delta) = 1 - l^{K_1(\Delta_{\text{доп}} - \Delta)} \quad (1)$$

Основна характеристика цієї функції полягає в тому, що по мірі збільшення відхилення осі інструмента від осі отвору при обробці відбувається зменшення точності; при  $\Delta_{\text{доп}} = \Delta$  точність по відведенню осі граничить з браком. Подальше збільшення відхилення осі отвору приводить до браку деталі. Відхилення осі отвору в загальному вигляді може бути записано як:

$$\Delta = f(S; d; V) \quad (2)$$

Залежність може бути знайдена на підставі експериментів. Для штрафної функції необхідні відповідні корективи; може бути введений коефіцієнт жорсткості свердел  $K_2$ . Тоді функція прийме вид:

$$f(\Delta) = (1 - l^{K_1(\Delta_{\text{доп}} - \Delta)}) K_2 \quad (3)$$

У зв'язку з викладеним виникає необхідність у вивченні жорсткості свердел із змінним кроком гвинтової лінії, знаходженні оптимальної геометрії ріжучої частини; явищ, супроводжуваних різання, таких як усадка стружки і коефіцієнт тертя.

Коефіцієнт усадки стружки визначали ваговим методом по формулі:

$$\xi = \frac{4m}{l_{\text{смм}} s d q} \quad (4)$$

Відповідно, коефіцієнт тертя розраховували так:

$$\mu = 1 - \text{tg}(\beta_1 - \gamma)$$

Цей параметр може бути використаний як штрафна функція. Як якісний показник, поряд з з показниками кількісними (стійкістю, жорсткістю, міцністю і так далі), він також може характеризувати працездатність свердел із змінним кроком гвинтової лінії.

$$\Delta = 2,02 \frac{s^{0,262}}{v^{0,187} d^{0,448}} \cdot \text{МКМ} \quad (7)$$

Таким чином, в роботі отримана залежність для оцінки відхилення осі отвору залежно від параметрів режиму різання і діаметру серцевини свердел. Вона може бути використана при визначенні параметрів жорсткості свердел

## УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ТРАНШЕЙНОГО ЦЕПНОГО ЭКСКАВАТОРА

Иваньк А. В., Бережная Е.В. Кассов В.Д.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Необходимость выпуска конкурентоспособных строительных машин предусматривает значительное повышение экономичности и производительности выпускаемой техники, ее надежности и долговечности. В связи с низкой износостойкостью деталей строительных машин, работающих в условиях абразивного износа (рабочих органов траншейных экскаваторов) происходит их преждевременный выход из строя и снижение их срока службы. Недостаточная надежность экскаватора приводит к увеличению затрат средств на устранение отказов и проведение плановых ремонтов и технического обслуживания.

В данной работе была поставлена цель повысить эксплуатационную надежность траншейного цепного экскаватора, за счет упрочнения его рабочего органа с использованием способа электроконтактного нанесения покрытий.

Был проведен анализ условий эксплуатации мелиоративной техники, подробно рассмотрена и изучена конструкция экскаватора непрерывного действия. Приведено исследование о влиянии эксплуатационных факторов на скорость изнашивания деталей экскаватора при работе в различных типах грунта, в ходе которого было выяснено, что наибольшей скорости изнашивания подвержен нож экскаватора, работающий на песчаных грунтах. Выполнен расчет сил резания по методике КИСИ для острого и затупленного ножа, который показал, что при резании грунта затупленным ножом сила возрастает приблизительно в 1,5 раза.

В работе исследованы показатели эксплуатационной надежности рабочего органа траншейного экскаватора, в особенности показатель долговечности. Выполнен расчет режущей части ковша на долговечность по износу, в результате которого было выяснено, что долговечность прямопропорционально зависит от значения относительной износостойкости материала ковша и типа наплавки поверхностного слоя его режущей части. Таким образом, повысив относительную износостойкость материала, используемого для восстановления ковша, мы повысим его долговечность.

Разработан метод повышения надежности рабочего органа экскаватора, который заключается в электроконтактной наплавке порошкового материала, заключенного в металлическую оболочку. Исследованы системы износостойких металлокерамических лент на основе карбидов хрома и легкоплавких сплавов, пригодных для электроконтактного плакирования, которые показали перспективность использования системы FeCr-Cu-Fe. Определены режимы ЭКН, использование которых обеспечивает повышение относительной износостойкости наплавленного слоя в 1,25 раза по сравнению с одной из наиболее распространенных металлокерамических лент, используемых для наплавки, 70X3МН.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПОДАЧИ СОТС В ЗОНУ РЕЗАНИЯ

Ивченко Т.Г., Зайцева  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Применение смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) – наиболее эффективный способ управления тепловым состоянием режущего инструмента, обеспечивающий снижение температуры резания, повышение производительности и качества механообработки. В настоящее время для охлаждения инструмента преимущественно используются СОТС на основе водных растворов, имеющих теплофизические свойства, близкие к свойствам воды.

Целью работы является исследование влияния условий подачи СОТС на тепловое состояние инструмента, а также разработка рекомендаций по выбору рациональных способов подачи СОТС в зону резания

Для различных способов подачи СОТС - свободно падающей струей жидкости, высоконапорной струей и распылением выполнены расчеты коэффициента теплоотдачи  $\alpha_o$  в зависимости от расхода жидкости и размеров охлаждаемой поверхности, на основании чего обоснованы возможности направленного его изменения в заданном диапазоне.

На основании анализа теплового состояния инструмента установлены общие закономерности формирования тепловых потоков и температур в зоне резания при точении с учетом различных способов подачи СОТС. Исследовано влияние на тепловые потоки и температуру резания параметров процесса механической обработки без СОТС и с ее применением. С использованием множественного регрессионного анализа разработана методика определения аналитических зависимостей температуры резания от глубины, подачи и скорости резания для любых условий обработки. Эти зависимости позволяют прогнозировать температуру резания  $\Theta$  при заданных параметрах процесса и определять необходимость использования СОТС для ее снижения. Выполнены расчеты температур резания для различных условий точения.

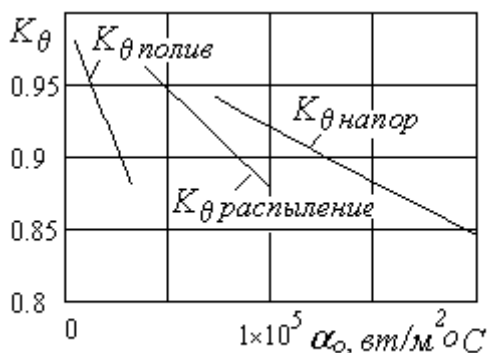


Рис. 1. Графики зависимости температуры резания коэффициента теплоотдачи  $\alpha_o$

Эффективность различных способов подачи СОТС может быть оценена на основании коэффициента снижения температуры резания при применении СОТС:  $K_{\Theta \text{ СОТС}} = \Theta_{\text{СОТС}} / \Theta$ , представленного в зависимости от коэффициента теплоотдачи  $\alpha_o$  на рис.1. Разработаны рекомендации по выбору способов подачи СОТС.

Предложенная методика определения температур резания при обработке с применением СОТС может быть использована для любых видов обработки.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

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

Оптимизация параметров процесса резания - важнейший резерв повышения производительности обработки деталей машин. Одним из наиболее распространенных методов оптимизации является метод линейного программирования (МЛП), позволяющий осуществлять одновременную оптимизацию скорости резания и подачи с учетом действующих ограничений по критерию максимальной производительности.

Цель представляемой работы – с использованием метода линейного программирования определить оптимальные режимы резания, обеспечивающие максимальную производительность сверления.

Целевая функция - производительность обработки, максимум которой достигается при минимуме основного времени, или максимуме произведения частоты  $n$  вращения и подачи  $s: n \cdot s \rightarrow \max$ .

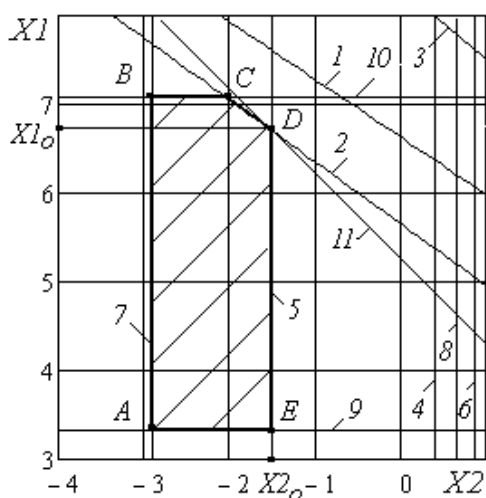


Рис.1. Схема определения оптимальных режимов резания при сверлении

Схема графического определения оптимальных режимов сверления представлена на рис.1 ( $X1 = \ln n$ ;  $X2 = \ln s$ ). Исследованные ограничения: по режущим возможностям инструмента (1), по допустимой температуре резания (2), по мощности станка (3), по прочности механизма подачи станка (4), по прочности режущего инструмента (5), по жесткости режущего инструмента (6), по кинематическим возможностям станка (7, 8, 9, 10). На основании анализа действующих ограничений разработана методика аналитического определения оптимальных режимов резания в зависимости от параметров механической обработки для различных условий сверления. Установлены закономерности изменения оптимальных значений подачи и скорости резания от параметров процесса сверления.

Рассчитан коэффициент изменения производительности обработки при отклонении выбранных режимов резания от их оптимальных значений: для подачи  $s = ks_o$  и скорости резания  $V = kV_o$  ( $k$  – степень отклонения). Установленный коэффициент позволяет количественно оценить возможности повышения производительности сверления за счет выбора оптимальных режимов резания.

Разработанная методика определения оптимальных режимов резания может быть использована для любых видов обработки.

## **РАЗРАБОТКА КАЧЕСТВЕННОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ К ОБРАЗОВАНИЮ ОТРЫВОВ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ**

Кабацкий В.И., Кабацкий А.В. П.Г. Войнов, А.Д. Дудинский  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Задача исследования природы отрывов и повышения стойкости против их образования при использовании в процессах сварки и наплавки с использованием аустенитного наплавленного металла вызывает необходимость оценки технологической прочности зоны сплавления. Такая оценка приобретает большое значение и в связи с обеспечением достаточной сопротивляемости действию концентрации напряжений при усталости, ударе и пр. Вместе с тем должны удовлетворяться и другие требования, предъявляемые к сварным соединениям конструкций. Достоверная оценка стойкости сварных соединений против образования отрывов представляет серьезную проблему.

Целью представляемой работы являлась разработка качественной методики оценки сопротивляемости образованию отрывов для сварных соединений с аустенитным металлом шва.

В основу методики был положен принцип изменения направления наплавки одиночного валика. Сущность предлагаемой методики состоит в следующем.

На плите большой толщины (более 50 мм) выполняется разделка с углом раскрытия 50...60°. Сварочной проволокой испытываемого состава в корень разделки любым механизированным способом наплавляется одиночный валик на постоянном режиме. На определенном расстоянии от начала наплавки валик отводится от одной из сторон разделки и переводится полностью на вторую ее сторону под определенным углом к направлению наплавки. Валик доводится до выхода на кромку разделки и обрывается. О величине сопротивляемости отрывам судят по наличию или отсутствию трещины в образце после его вылежки в течение 24 часов. Для расширения диапазона испытываемых аустенитных сварочных материалов, а равно и повышения достоверности данной методики, необходимо осуществление двухслойной наплавки с подворотом первого валика. Наплавка второго слоя производится в случае, если после 24-х часовой вылежки образца трещина не образовалась. При этом наплавка второго слоя должна быть произведена таким образом, чтобы место наиболее вероятного начала трещины оставалось открытым для визуального осмотра.

На предлагаемую методику выдано авторское свидетельство [5]. Основным достоинством методики является ее простота и экспрессность осуществления сравнительной качественной оценки при значительном снижении трудоемкости испытаний и расхода сварочных материалов.

Данная методика прошла всестороннюю лабораторную проверку и оказалась весьма полезной при предварительной оценке ряда аустенитных сварочных проволок. Сопоставление испытаний по методу многоваликовой пробы и по разработанной методике показало большую сходимость результатов.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СБОРНЫХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕШИРОКИХ ПЛОСКОСТЕЙ И УСТУПОВ

Казакова Т.В., Бобловская Ю.Ю.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время для обработки нешироких плоскостей и прямоугольных уступов применяют различные конструкции сборных торцовых фрез диаметром 50...160 мм фирм SECO, Iskar, Pramet и др. Преимуществами таких фрез являются надежность и универсальность, которые обеспечиваются схемами закрепления твердосплавных неперетачиваемых пластин различных форм из современных инструментальных материалов и быстротой их замены.

Целью настоящей работы является выбор оптимальной конструкции сборной торцовой фрезы указанных размеров с учетом комплекса свойств, составляющих их качество. Для выбора оптимальной конструкции фрезы использован метод экспертных оценок, при котором оценивали условно-простые свойства по 5-балльной шкале и их весомости. При выборе свойств, составляющих качество фрез, были учтены такие комплексные свойства как надежность (весомость  $V=0,69$ ) и технологичность конструкции (весомость  $V=0,31$ ). Основными показателями надежности являются показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности, которые оценивали такими условно-простыми свойствами как прочность, жесткость, износостойкость корпуса и режущей пластины, быстрота и удобство замены режущей пластины и других элементов, возможность быстрого восстановления корпуса (перезерезерковки или перешлифовки). Технологичность оценивали материалоемкостью и трудоемкостью изготовления фрезы.

Расчет комплексных свойств, составляющих качество сборных торцовых фрез, производили по формуле

$$K = \sum_{i=1}^N K_i V_i,$$

где  $K_i$ - оценка  $i$ -го условно - простого свойства в баллах;

$V_i$ - весомость  $i$ -го условно - простого свойства;

$N$  – количество условно - простых свойств.

В качестве объектов исследований были выбраны торцовые фрезы фирмы Pramet, которые получили следующие комплексные оценки: S45SN12Z-  $K=3,78$ ; W45SE123F -  $K=3,44$ ; W75SP12D -  $K=3,64$ ; F60SB22X -  $K=3,52$ ; S90SO09 -  $K=3,88$ .

Как видно из расчетов, наибольшие комплексные показатели качества имеют торцовые фрезы S90SO09. Данные фрезы имеют наилучшие технологические свойства и минимальное время восстановления.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СБОРНЫХ ДИСКОВЫХ ФРЕЗ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Казакова Т.В., Дудченко Т.Н.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время для обработки пазов с высокой точностью применяют дисковые сборные фрезы различных конструкций. Преимуществами этих фрез являются: повышенная прочность, износостойкость и ремонтпригодность, возможность оснащения современными инструментальными материалами и регулировка ширины фрезы.

Целью настоящей работы является выбор оптимальной конструкции сборной дисковой фрезы Ø200 мм с учетом комплекса свойств, составляющих ее качество. В качестве объекта исследований были выбраны следующие конструкции фрез: фреза дисковая фланцевого типа фирмы Iscar (тип 1); фреза дисковая двухсторонняя фирмы Iscar (тип 2); фреза дисковая для полной обработки паза фирмы Iscar (тип 3); фреза дисковая двухсторонняя фирмы SECO (тип 4) и фреза дисковая 3-х сторонняя с креплением пластин на кассетах (тип 5).

При выборе свойств, составляющих качество сборных дисковых фрез, учитывали их надежность и технологические свойства, а также их весомости. Основными показателями надежности фрез являются показатели безотказности и долговечности, которые оценивали жесткостью, прочностью и износостойкостью, а также показатели ремонтпригодности, которые оценивали приспособленностью к обслуживанию и ремонту. При оценке технологичности конструкции учитывали материалоемкость и трудоемкость изготовления фрезы. При оценке качества сборных дисковых фрез использовали метод экспертных оценок. Оценивали условно-простые свойства  $K_i$  по 5-балльной шкале и их весомости  $B_i$ .

Расчет комплексных свойств, составляющих качество сборных дисковых фрез, производили по формуле :

$$K = \sum_{i=1}^N K_i B_i ,$$

где N-количество условно простых свойств.

В результате исследований установлено, что наиболее высокие показатели качества имеет дисковая фреза с креплением режущих твердосплавных пластин на кассетах  $K=3,8$ , следующей за ней идет фреза дисковая двухсторонняя фирмы SECO (тип 4).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЕМ ТВЕРДОСТИ И УПРУГОСТИ МАТЕРИАЛОВ СЛОЕВ

Калиниченко В. В., Власов Ф. О.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Работоспособность режущего инструмента с износостойким покрытием в значительной мере определяется сопротивляемостью покрытия процессам изнашивания верхнего (контактного) слоя и локального разрушения вследствие растрескивания и отслаивания слоев под воздействием термомеханических явлений в зоне резания. На сопротивляемость покрытия изнашиванию контактного слоя и локальному разрушению определяющее влияние оказывают механические характеристики материалов слоев покрытия, причем сопротивляемость изнашиванию контактного слоя определяется прежде всего твердостью  $H$  его материала, а сопротивляемость деформациям, вызывающим растрескивание и отслаивание слоев покрытия – соотношениями твердости и модуля Юнга:  $\frac{H}{E}$  (сопротивляемость упругой деформации разрушения) и  $\frac{H^3}{E^2}$  (сопротивляемость пластической деформации).

В качестве основных факторов, влияющих на твердость и упругость материала слоя покрытия, помимо химического состава, следует отметить его размерно-структурные характеристики, за счет изменения которых возможно управление механическими свойствами материала слоя и, следовательно, – работоспособностью покрытия. Широкие возможности управления значениями  $H$ ,  $\frac{H}{E}$  и  $\frac{H^3}{E^2}$  материалов слоев покрытия предоставляет использование наноструктурированных слоев, структурными компонентами которых являются зерна с размером  $d < 50$  нм и межзеренная аморфная фаза. Снижение  $d$  при переходе к наноструктурированной архитектуре слоя обеспечивает рост  $H$ . С другой стороны, присущая наноструктурированным слоям высокая объемная доля и прочность границ раздела кристаллической и аморфной фаз повышает сопротивляемость упругим и пластическим деформациям, при этом возможно управление значениями  $\frac{H}{E}$  и  $\frac{H^3}{E^2}$  за счет изменения соотношения объемных долей фаз при варьировании режимов нанесения покрытия. Это позволяет обеспечить высокую работоспособность покрытий с наноструктурированными слоями из высокотвердых, но хрупких соединений (карбидов, боридов, боронитридов) тугоплавких металлов за счет рационального сочетания характеристик твердости и упругости. Высокая твердость и износостойкость слоя при этом обеспечивается за счет выбора значения  $d$ , соответствующего максимуму  $H$ , а сопротивляемость растрескиванию и отслаиванию слоев – за счет выбора структуры зерна с наилучшим для реальных деформационных условий сочетанием характеристик твердости и модуля Юнга материала слоя.

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНО-ДУГОВОГО СТРУГАННЯ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ПРОЦЕСУ

Кассов В.Д., Кущій Г.М.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Основними параметрами процесу повітряно-дугового різання плавким електродом є струм ріжучої дуги, швидкість стругання, полярність і витрата повітря. Істотний вплив на геометрію канавки здійснюють кут нахилу і виліт електроду, характер розподілу тиску повітря по поверхні деталі і інші чинники. Основні ускладнення при реалізації процесу повітряно-дугового стругання плавким електродом полягають в забезпеченні стійкості горіння дуги в умовах інтенсивного обдування повітрям. Процес стругання досліджувався на чотирьох режимах, що відрізняються між собою силою струму і, відповідно, швидкістю подання електродного дроту. Було досягнуто оптимальні результати, тобто досягнення задовільної чистоти поверхні для проструганої канавки і майже повна відсутність ґрату. Швидкість подання електродного дроту повинна знаходитися в межах 346 м/год. При дотриманні вказаної швидкості різання забезпечується максимальна швидкість плавлення основного металу при достатній стійкості дуги. Збільшення швидкості подання вище 360 м/год не рекомендується щоб уникнути нагріву зварювальних перетворювачів і виходу їх з ладу. Зменшення швидкості подання нижче 283 м/ч утрудняє підтримку стійкого горіння дуги. Оскільки вплив струму різання на геометрію канавки і продуктивність процесу принципово відомий, то в цій роботі його величина прийнята рівною 480-520А і не змінювалася в усіх дослідах. Стійкість дуги, що оцінюється за величиною її розривної довжини, досить різко знижується при збільшенні витрати повітря. Впливи зміни витрати повітря на стійкість дуги і стабільність процесу стругання додатково досліджувалося шляхом осцилографування струму і напруги, фотографії осцилограм, отриманих при витратах повітря 55 м<sup>3</sup>/год

Стійкість (стабільність) процесу стругання істотно залежить від швидкості переміщення дуги по поверхні металу. При зменшенні швидкості переміщення нижче визначеної для цього струму величини виникають закономірні періодичні перерви в горінні дуги, причина яких полягає в тому, що об'єм розплавленого металу, розташованого під дугою, збільшується, а швидкість його видалення перевищує швидкість подовжнього переміщення дуги. Зміна вильоту електроду слабо впливає на геометрію канавки, але помітно позначається на стійкості процесу. Зі зменшенням вильоту електроду помітна тенденція до зменшення кута викиду розплавленого металу. Отже, виліт електроду доцільно вибирати мінімально можливим, але більшим, ніж розривна довжина дуги на цьому режимі. Дослідним шляхом було встановлено, що найкраща стабільність процесу і чистота обробки спостерігається при відстані від дроту до пристрою подачі повітря  $S=8-16$ мм. Зменшення цієї відстані призводить до збільшення шорсткості канавки, зниження стійкості дуги і появи натіків в проструганій канавці.

## ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ФРЕЗ ТОРЦЕВЫХ СБОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ

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

Одним из направлений развития современного инструментального производства является совершенствование конструкции сборного инструмента с механическим креплением многогранных неперетачиваемых режущих пластин.

Особенностью работы сборного многолезвийного инструмента является одновременное участие в работе нескольких режущих зубьев.

Статистический анализ работы фрез в производственных условиях ПАО НКМЗ при обработке стали 9ХС с глубиной резания  $t=4..6$  мм, подачей  $S_z=0,12..0,15$  мм/зуб и скоростью резания  $V=62,8$  м/мин показал, что чаще всего (в 92% случаев обработки) фреза снимается со станка при выходе из строя всех 4х зубьев. Такая эксплуатация фрез приводит к повышенному расходу инструментальных материалов.

Анализ работы сборных концевых фрез в производственных условиях показал, что при отказе одного зуба фрезы инструмент не снимается со станка. Характерным отказом пластин фрезы является их поломка, а не достижение критерия затупления пластины. При отказе первой режущей пластины ее нагрузку при резании воспринимает следующая за ней режущая пластина. При этом надежность фрезы в целом снижается, то есть уменьшается вероятность безотказной работы.

Для сравнения разработанной конструкции с базовой, расчеты напряжений проводились в программном пакете Simulation Xpress программы SolidWorks.

Рассмотрены распределение эквивалентных напряжений  $\sigma_{\text{э}}$ , возникающих на опорных поверхностях для двух конструкций.

Результатом имитационного анализа стало определение перемещения режущих кромок и определение величин контактных напряжений, возникающих на опорных поверхностях при имитации операции фрезерования.

Изготовление  $V$  – образной направляющей на опорной поверхности способствует снижению величины эквивалентных напряжений и повышению прочности, за счет увеличения толщины в середине поверхности, что приводит к снижению величины изгибных деформаций, вызываемых действием силовых факторов, и повышению жесткости узла крепления режущей пластины.



## ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛУНЖЕРНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

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

При плунжерном фрезеровании обработка осуществляется не периферийной, а торцевой частью инструмента, при этом преобладают преимущественно осевые, а не радиальные усилия резания. Плунжерное фрезерование применяется, когда традиционные методы не возможны из-за чрезмерных вибраций. Например: при вылете инструмента больше чем  $4 \times D_c$ , где  $D_c$  – диаметр фрезы; при нежесткой системе; для получистовой обработки в углах; для труднообрабатываемых материалов, таких как титан и т. п. Данный метод также является альтернативой при ограниченной мощности и крутящему моменту. Плунжерное фрезерование можно сравнить с растачиванием при прерывистом резании. При этом снижается уровень потребляемой мощности и шума.

Для такого вида фрезерования необходимо создание компьютерной программы, которая выполняется в виде программного модуля и создается для автоматического расчета всех необходимых параметров обработки по введенным данным и вывода текста программы, готового для ввода в память системы ЧПУ станка.

Разработанная система подготовки обработки детали станка с ЧПУ предназначена для: ввода исходных данных с чертежа и технологии; создания наладки режущего инструмента; расчета всех необходимых геометрических свойств; проверки по ограничениям станка; визуализации обработки; корректировки введенных данных; расчета траектории обработки; диагностики ошибок; формирования кода управляющей программы; выдачи в файл текста управляющей программы обработки.

Использование данного программного модуля обеспечивает корректное преобразование траектории движения инструмента и технологические команды в коды управления соответствующей комбинацией «станок – система ЧПУ», без использования другого специализированного программного обеспечения. А также позволяет создавать программы для обработки сложного по конструкции осевого инструмента, проводить глубокий анализ конструкционных и режущих свойств реального изделия на этапе разработки управляющей программы, повысить качество выпускаемой продукции.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ В УСЛОВИЯ ПАО НКМЗ

Клименко Г.П., Ткачёва Е.В.  
(ДГМА, г.Краматорск, Украина)

Экспертная оценка номенклатуры показателей и их значимости для сборных резцов показала, что наиболее важными из них являются: состояние оборудования, качество заготовок, правильность выбора конструкции инструмента, соблюдение режимов резания, обеспеченность режущим инструментом. Применяя разработанную ускоренную методику оценки качества эксплуатации сборных резцов, собраны статистические данные (объем выборок не менее 20) в условиях машиностроительного производства, с помощью которых определен обобщенный показатель качества, применение которого позволяет сравнить эффективность эксплуатации инструментов разных производств, вскрыть резервы повышения качества. Состояние оборудования оценивалось показателем «срок службы после капитального ремонта». Оценка обеспеченности режущим инструментом определялась отношением фактического запаса к оптимальному, рассчитанному по специальной методике и принятому за базу. Особое внимание уделено определению показателей: «качество заготовок» и «соблюдение режимов резания». Сбор статистических данных осуществлялся в условиях ПАО НКМЗ на станках КЖ 16274ФЗ и КЖ 16275ФЗ для операции продольное точение. Марки обрабатываемого материала 75ХМ и 9ХФ. Резец сборной конструкции с МНП Т15К6. Средняя глубина резания 8мм. Средняя скорость резания 182 м/мин. Определялось распределение соотношения фактической подачи к нормативной. Установлено, что в среднем фактические подачи в 1,6 раз больше нормативных, что и объясняет повышенный расход твердосплавного инструмента из-за его поломок. Анализ фактических припусков на заготовках, обрабатываемых в тех же условиях позволил получить регрессионные зависимости, связывающие фактический припуск с диаметром заготовки и режимами её обработки. Установлено, что превышение фактических припусков над расчетными значениями для диаметров заготовок (200-1200) мм составляет 2,5-3 раза, что свидетельствует о низком качестве заготовок. В целом уровень качества эксплуатации сборных резцов с учетом оценок показателей наиболее важных свойств и их весомостей, определенных экспертным методом, составил 0,53. Разработаны мероприятия по повышению уровня качества процесса эксплуатации сборных резцов.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН УКРАИНЫ

Клименко С.А.

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

Разработки в области совершенствования технологий выполняются в Институте в соответствии с научным направлением – развитие научных основ создания эффективных технологий обработки металлов и неметаллов инструментом из СТМ, разработка методов и технологий применения СТМ в базовых отраслях промышленности; изучение термодинамики и кинетики контактного взаимодействия инструментальных СТМ с металлами, керамическими и другими материалами.

К числу таких разработок относятся:

- **высокопроизводительные технологии:** - лезвийная обработка: режущие инструменты из ПСТМ, минералокерамики и твердых сплавов, в том числе наноструктурных, и технологии их применения; защитные покрытия для инструментов; обработка резанием деталей из труднообрабатываемых материалов, закаленных сталей, титановых сплавов, полимерных композиционных материалов, в том числе многослойных, на основе базальтовых, борных, органических волокон и их гибридов;

- алмазно-абразивная обработка: новые связки, в том числе структурно-ориентированные и адаптивные, для инструмента из СТМ; новые конструкции инструментов, технологии их производства; обработка инструментом из СТМ деталей из титановых сплавов, высокопрочных сталей; технология импрегнирования шлифовальных кругов из СТМ; правка и правящие инструменты;

- ППД: алмазное выглаживание для снижения микронеровностей и упрочнения поверхностей обработанных деталей; холодное пластическое деформирование поверхностей деталей их титановых сплавов.

- **комбинированные (гибридные) технологии:** - электрохимическая алмазно-абразивная обработка; - виброшлифование деталей из сталей, алюминиевых, титановых сплавов; – повышение работоспособности алмазно-абразивного инструмента за счет высокоэнергетического воздействия на инструмент; - СОТС для процессов обработки деталей из конструкционных материалов; - алмазное выглаживание с наложением ультразвуковых колебаний;

- **прецизионные технологии:** - трибо-химическое полирование оптических поверхностей; - изготовление керамических сфер и элементов эндопротезов суставов из сапфира, керамики, титана; - зубошлифование, зубохонингование, зубополирование; - прецизионная правка абразивных кругов; - финишная обработка изделий из природного и синтетического камня; - микроточение; - обработка сменных многогранных неперетачиваемых пластин из ПСТМ.

Разработки базируются на многолетнем опыте, накопленном в Институте, и имеют большой потенциал дальнейшего развития.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНООБРАБОТКИ ГЛОБОИДНЫХ ЧЕРВЯКОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Ковалёва Т.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Повышение эффективности производства и улучшение качества продукции – основная задача, выдвигаемая сегодня рынком к машиностроительным предприятиям. Применение усовершенствованных технологических процессов и высокоэффективного оборудования успешно решает поставленные задачи.

Технология изготовления глобоидных червяков не изменилась за последние 60-70 лет. В то же время произошло бурное развитие и прогресс в области производства высокопроизводительного металлорежущего инструмента, современных multifunctionальных металлорежущих станков и вычислительной техники. Поэтому целью работы является усовершенствование технологического процесса изготовления глобоидных червяков с использованием токарных станков с ЧПУ.

Нарезание глобоидных червяков в условиях крупносерийного и массового производства осуществляется на специальных станках с применением сложных и дорогостоящих режущих инструментов - обкаточных резцов, многорезцовых головок и круговых протяжек. В условиях единичного производства нарезка осуществляется на универсальных зубофрезерных станках с помощью специальных резцов. Сложная конструкция этих инструментов, несовершенные методы их проектирования, высокая трудоемкость изготовления с применением уникального высокоточного оборудования резко снижают технологическую гибкость изготовления глобоидных червяков.

В настоящее время существует большое количество металлорежущих многоосевых обрабатывающих центров с ЧПУ. В одном обрабатывающем центре присутствует точение, фрезерная обработка, сверление, нарезка резьбы и другие функции. Конкретным примером может служить токарный обрабатывающий центр *HyperTurn 690* производства фирмы *EMCO* (Австрия), оснащённый программным обеспечением *Sinumerik 840D*.

Конфигурация этого обрабатывающего центра вполне позволяет осуществить нарезку витков глобоидного червяка, причём возможно даже два варианта токарной обработки: без участия поворотной оси головки токарным резцом отрезного типа с круглой сменной твердосплавной пластиной и с участием поворотной оси головки токарным резцом с прямоугольной пластиной.

Таким образом, все минусы обработки на зубофрезерных станках устраняются. Экономический эффект достигается за счёт сокращения расходов на технологическую подготовку производства – отсутствует стадия проектирования и изготовления специального инструмента. Сокращается машинное время обработки детали - отсутствуют холостые ходы инструмента, за счет этого производительность обработки возрастает в 4 раза, и в 3 раза за счёт высокой производительности твердосплавных пластин.

# ПРОФИЛИРОВАНИЕ СБОРНЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ С ПРЯМЫМИ ЗУБЬЯМИ, ЗАТЫЛОВАННЫМИ ПО ОКРУЖНОСТИ В КОРПУСЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С НАКЛОННЫМИ ПАЗАМИ

Ковалева Л.И.  
(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

У сборных фасонных фрез, по технологическим соображениям, в качестве задней поверхности инструмента принимается поверхность вращения. Приспособление для затылования напоминает корпус фрезы со смещенными на определенную величину пазы. После обточки ножей в приспособлении их переставляют в корпус фрезы.

Известно, что положительные задние углы на торцевом участке режущей кромки можно получить, располагая ось приспособления под углом  $\varepsilon$  к оси фрезы [1]. Однако задача аналитического профилирования таких фрез не решена. Не выведены также зависимости для определения задних углов вдоль режущей кромки.

Целью работы является нахождение профиля задней поверхности вращения сборных фасонных фрез, образование которой производится в корпусе приспособления с наклонными пазы, и вывод аналитических зависимостей для расчета нормальных задних углов в любой точке режущей кромки.

В работе выведены следующие аналитические зависимости для расчета профиля задней поверхности вращения зуба фрезы:

$$Y_2 = Y_1 \cos \varepsilon$$

$$X_2 = R_a - R_i$$

где

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{R_a \sin(\gamma_a + \alpha_a) - Y_1 \sin \varepsilon}{R_a \cos(\gamma_a + \alpha_a) - Y_1};$$

$$R_i = \frac{R_a \sin(\gamma_a + \alpha_a) - Y_1 \sin \varepsilon}{\sin \delta};$$

$X_1, Y_1$  - координаты точек режущей кромки;  $X_2, Y_2$  - координаты точек задней поверхности вращения зуба фрезы;  $R_a$  - радиус фрезы,  $\gamma_a, \alpha_a$  передний и задний углы в вершинной точке зуба фрезы.

Получена аналитическая зависимость для определения задних углов в различных точках режущей кромки сборной фрезы с прямыми зубьями, затылованными по окружности в корпусе, имеющем наклонные под углом пазы:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon \cos \varphi + \sin \varphi (\operatorname{tg} \rho - \operatorname{tg} \gamma_b)}{1 + \operatorname{tg} \gamma_b \operatorname{tg} \varepsilon \sin \varphi \cos \varphi + \operatorname{tg} \rho \sin^2 \varphi \operatorname{tg} \gamma_b}.$$

Рассмотрим точку режущей кромки, у которой  $\varphi = 90^\circ$ ,  $R_i = R_a$ ,  $X_1 = Y_1 = 0$ . Подставляя эти величины в формулу для подсчета угла  $\alpha_N$  будем иметь:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{\operatorname{tg}(\gamma_a + \alpha_a)}{\cos \varepsilon}.$$

$$\alpha_N = \rho - \gamma_b$$

Рассмотрим вторую точку режущей кромки, у которой  $\varphi = 0^\circ$ , тогда получим  $\alpha_N = \varepsilon$ .

Следовательно, при рассматриваемом способе затылования по окружности создаются положительные задние углы как в вершинной точке ( $\varphi = 90^\circ$ ) режущей кромки зуба фрезы, так и на торце зуба ( $\varphi = 0^\circ$ ).

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО ЕФЕКТИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ЕНЕРГЕТИКИ НА БАЗІ АДАПТИВНИХ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ**

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

Основна група верстатного парку машинобудівних підприємств України - це токарні верстати. На важких токарних верстатах з числовим програмним керуванням проводиться обробка більшості деталей, які входять до складу сучасних важких машин. Це ротори турбін, прокатні валки, колісні пари залізничного та гірничого транспорту, корабельні гребні вали та багато іншого. Зараз посилюються вимоги до машин, підвищується точність їхнього виготовлення, застосовуються нові марки матеріалів, які дають можливість досягнення нового рівня експлуатаційних характеристик. Особливо важливі вимоги – підвищення екологічності та ефективності використання ресурсів.

Мета – підвищення продуктивності та точності обробки на важких верстатах в умовах більш екологічно чистого та ефективного використання ресурсів шляхом суміщення операцій та оптимального управління в режимі реального часу

В роботі вирішується проблема забезпечення високопродуктивної та високоточної автоматизованої обробки деталей важкого машинобудування, в тому числі з нових марок важкооброблюваних матеріалів для забезпечення нових потрібних властивостей сучасних машин та агрегатів енергетичної, металургійної, аерокосмічної та інших галузей машинобудування. При проведенні процесу обробки враховується комплекс факторів, які пов'язані з фактичним станом технологічної системи та особливостей важкого верстату в режимі реального часу.

Процес виробництва потрібно розглядати в напрямку більш чистої екології, з високоефективним використанням енергетичних та матеріальних ресурсів. Для цього необхідно створити нові важкі багатоцільові верстати, які замінюють кілька різних верстатів. Верстати необхідно створювати з високотехнологічних матеріалів з використанням нових технологій зміцнення, з динамічно- та термічно оптимізованою структурою. Крім цього, потрібна адаптивна багаторівнева гнучка система управління для забезпечення високої точності та ефективності.

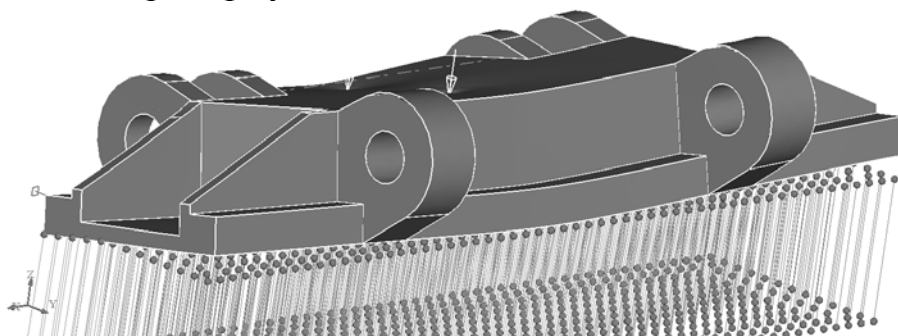
Технологічне обладнання с позиції теорії управління є багатоконтурною системою з нелінійними елементами та нестационарними властивостями. В процесі експлуатації обладнання змінюється його динамічний стан не тільки при переході від однієї операції до іншої, але й при типових операціях технологічного процесу. Закони управління технологічною системою в процесі обробки будуть формуватися так, щоб на основі первинних параметрів, які характеризують обраний тип заготовки та прийнятий метод обробки, змінюючи параметри керування, впливати на параметри регулювання та одержати необхідні технологічні параметри.

## МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН С ГРУНТОМ

Койнаш В.А., Проць В.В.  
(ДГМА, Краматорск, Украина)

Условия взаимодействия звеньев в составе гусеничной ленты с грунтом являются одними из важнейших факторов, влияющих на их работоспособность и срок службы. Исследованиями в данной области занимались многие ученые, среди которых Антонов А.С., Маевский А.Г., Гомозов И.М., Гилис В.М., Домбровский Н.Г., Рейш А.К. и многие другие. Однако и в настоящее время задача остается актуальной и не решенной во многих аспектах.

Для решения вопросов оптимального проектирования гусеничного ходового оборудования в условиях пространственного взаимодействия элементов, как между собой, так и с окружающей средой, необходим соответствующий математический аппарат и специализированное программное обеспечение. Исследования, проводимые на кафедре ПТМ ДГМА, показывают, что на современном этапе наиболее подходящим является математический аппарат метода конечных элементов в совокупности с принципами геометрического и имитационного моделирования систем. Разработанное на кафедре программное обеспечение позволяет моделировать взаимодействие с грунтом как отдельных элементов ходового оборудования (рис. 1) так и сложных систем, например гусеничной тележки.



*Рисунок 1 – Результат взаимодействия гусеничного звена с моделью поверхности грунта*

Благодаря методике структурного моделирования, процесс создания расчетных схем может быть существенно упрощен для сложных систем, а наличие свободно распространяемых решателей разреженных матриц больших порядков делает возможным проведения численных экспериментальных исследований поведения системы ходового оборудования при различных условиях работы. Проведенные экспериментальные исследования на стендах для моделирования работы гусеничного хода с применением высокоточной контрольно-измерительной аппаратуры показали адекватность результатов теоретических исследований.

**Выводы.** Предлагаемый подход раскрывает широкие перспективы по оптимизации силовых и геометрических параметров и так же параметров жесткости элементов гусеничных систем, в зависимости от условий внешней среды и используемого рабочего оборудования.

## СИСТЕМНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОДУКТУ НА БАЗІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК ПІДПРИЄМСТВА

Коржов Є.О.

(ПАТ «НКМЗ», аспірант НТУУ «КПІ», Україна)

Стан більшості галузей економіки України характеризується високим ступенем зношеності основних виробничих фондів, відсталістю використовуваних технологій, слабким науково-технічним та інтелектуальним потенціалом і як результат – низькою ефективністю виробничо-господарської діяльності, неконкурентоспроможністю продукції не тільки на світовому, але й на внутрішньому ринку. У таких умовах інноваційний напрямок розвитку промислових підприємств повинен бути переведен в ряд першочергових і стратегічних. Інноваційний тип сучасного економічного розвитку, як рушійна чинність, використовує не стільки промислове виробництво, скільки дослідження й розробки. Тому активне нарощування інноваційного потенціалу промислових підприємств може дати відчутний поштовх розвитку вітчизняного виробництва, підвищенню його конкурентоспроможності й всієї економіки в цілому, забезпечити сприятливі умови для переходу вітчизняної економіки на новий технологічний рівень.

Питанням інноваційного розвитку підприємств України присвячені фундаментальні праці українських вчених Амоши О.І., Андрієнко В.Н., Брюховецької Н.Є., Белопольського Н.Г., Василенко О.В., Гейца В.М., Дергачової В.В., Дидченко О.І., Довгаля Л.Є., Заблоцького Б.Ф., Ільєнкової С.Д., Йохна М.А., Краснокутської Н.В., Мартякової О.В., Нейенбурга В.Є., Павленко І.О., Семченко Н.О., Федулової Л. І. Роль і значення інноваційної діяльності в забезпеченні ефективного розвитку підприємства і її вплив на економіку держави в цілому досліджені в роботах закордонних вчених Балабанова І.Т., Гольдштейна Я.Г., Кочеткова С.В., Краюхина Г.О., Лисина Б.К., Фатхутдінова Р.А., Шумпетера І.

З метою забезпечення управління інноваційною активністю, реалізації інноваційної моделі запропонована логічна модель системи «Система створення інноваційного продукту на базі науково-технічних розробок ПАТ «НКМЗ».

З метою реалізації системи створення інноваційного продукту, а також забезпечення управління інноваційною активністю підприємства створена корисна модель, яка ставиться до комп'ютерних систем, бази даних яких засновані на знаннях, і може бути використана у керуванні процесом створення і впровадження інноваційного продукту.

Система створення інноваційного продукту на базі науково-технічних розробок підприємства впроваджена і функціонує на ПАТ «НКМЗ». Її використання дозволило скоротити строки й оптимізувати витрати на проведення передпроектних робіт, а також більш раціонально керувати людськими ресурсами на етапах проектування, проводити удосконалювання інноваційного продукту і забезпечити управління інноваційною активністю підприємством.



# ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОДУКТУ В ДІЯЛЬНІСТЬ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Коржов Є.О.  
(ПАТ «НКМЗ», аспірант НТУУ «КПІ», Україна)

Поява, освоєння і поширення засобів виробництва з більш високою продуктивністю, ніж у традиційно індустріальних ринках, може впливати на хід історії. Потреба в постійному відновленні асортименту продукції і технології, її виготовлення змушує вводити наукові і проектні розробки в систему діяльності підприємства, орієнтуючи їх на прискорення інноваційних процесів. Так відбувається злиття науки, техніки і виробництва в єдине ціле, що породжує інновації і прискорює їх. Все це потребує постійної оцінки впровадження інноваційних процесів.

Дослідження, спрямовані на удосконалення існуючих механізмів управління інноваційною активністю діяльності машинобудівних підприємств є, безумовно, актуальними й сприятимуть збільшенню конкурентоспроможності продукції вітчизняної промисловості, підвищенню ефективності функціонування машинобудівних підприємств та поліпшенню економічної ситуації.

Формування та реалізація системи ефективного управління інноваційною діяльністю відзначається показниками інновацій, які допомагають проаналізувати здатність організації до нових, нестандартних рішень і служать мірою успіху компанії в конкурентній гонці на ринку. Система показників інновацій створює формалізовану базу для прийняття управлінських рішень, виражаючи стратегічні інтереси фірми й мотивуючи персонал до ініціативної роботи.

Для вибору ефективної системи управління інноваційною діяльністю необхідно для початку проаналізувати й оцінити стан інноваційної діяльності на підприємстві.

Для оцінки інноваційної діяльності ПАТ «НКМЗ» запропонований такий спеціальний інтегральний показник як індекс інноваційної активності.

Показник рівня інноваційної активності підприємства - відносний показник, що характеризує ступінь участі підприємств у здійсненні інноваційної діяльності в цілому або окремих її видах протягом певного періоду. Рівень інноваційної активності підприємств визначається як відношення кількості інноваційно-активних підприємств, тобто зайнятих якими-небудь видами інноваційної діяльності, до загального числа обстежуваних за певний період підприємств у країні, галузі, регіоні й так далі.

Запропонована методика дозволяє побудувати сучасну корпоративну систему інноваційних показників і розрахувати основні показники інновацій, а також проаналізувати головні помилки при їхньому вимірі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Чемодуров О. Зовнішні джерела фінансування модернізації українських підприємств // *Економіка України*. – 2005. – №9. – С. 54-61.
2. Йохна М.А., Стадник В.В. *Економіка та організація інноваційної діяльності: Навчальний посібник*. – К.: Видавничий центр "Академія", 2005. – 400 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК КОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Косенко М. В., Загородних Р. А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Получение точных заготовок для изготовления полых конических деталей по схеме комбинированного выдавливания можно назвать одной из приоритетных направлений в исследования, поскольку от этого напрямую зависит не только точность получения детали, но так же формообразование и ее механические характеристики.

В ходе анализа представленных ранее технологий выделены требования, которым должна соответствовать технология изготовления заготовок конической формы: малые значения энергосиловых параметров; отсутствие дефектов на торцах заготовки; отсутствие заусенцев на внешней поверхности заготовки.

Для получения исходных профилированных заготовок конической формы существует несколько способов: радиальным выдавливанием, отрезкой-осадкой от прутка в специальном штампе, осадкой в плавающей матрице.

В результате анализа существующих технологий изготовления заготовок конической формы был разработан процесс осадки в конической матрице для изготовления полых конических деталей комбинированным выдавливанием.

Данный способ предполагает использовать цилиндрическую заготовку для получения профилированной конической заготовки. Заготовку устанавливают в матрицу и плоской плитой осаживают до момента соприкосновения плиты и матрицы. Достоинствами данного способа являются: низкое усилие выдавливания; простота конструкции деформирующего инструмента; отсутствие заусенцев после выдавливания.

Для проверки вышеизложенного способа было выполнено, конечно-элементное моделирование в программе Qform 2D. Моделирование выполнялось для разных углов наклона образующей матрицы ( $10^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ) и при разных значениях коэффициента контактного трения (на пуансоне 0.08 по закону Зибеля, на матрице 0.08; 0.27; 0.36) для материала АД1.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что влияние с увеличением контактного трения на матрице увеличивается и усилие выдавливания, кроме этого есть существенное влияние на формоизменение, то есть вогнутость нижнего торца заготовки меньше, чем выше коэффициент трения на матрице, такая картина характерна для всех исследуемых углов наклона образующей матрицы.

Заготовка, полученная рекомендуемым способом, не требует дальнейшей механической обработки или подгонки под требуемые размеры матрицы. Результаты экспериментальных исследований подтверждают теоретические предположения и результаты математического моделирования в программе Qform2D. Патентованная полезная модель способа изготовления изделий типа конический стакан, предусматривает технологический переход осадки в конической матрице, описанный выше.

## ДО ПИТАННЯ ЗМІНИ ПОДАЧІ В ПРОЦЕСІ СВЕРДЛІННЯ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ

Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Кузьмін М.І.  
(ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Встановлено тенденцію, коли багато операцій, які здійснювались на розточувальних верстатах, переводять на більш дешеві і простіші верстиковально-свердлильні верстати. Наприклад, автотракторні заводи мають свердлильних верстатів у 6...10 разів більше ніж розточувальних. Особливо підкреслено, що у автомобіле-тракторному виробництві широко використовуються спеціальні верстати, в яких одночасно здійснюється процес різання свердлами різних діаметрів. У цьому зв'язку проблема обґрунтування встановлення характеру зміни подачі на етапах: врізання, усталеного процесу різання і виходу свердла із тіла заготовки з врахуванням певних конструкторських особливостей, як жорсткісних і міцнісних характеристик свердл, так і свердлильних верстатів.

Показано, що дослідженню вибору режимів різання при свердлінні отворів малого діаметру присвячено ряд робіт, в яких враховується втрата стійкості свердл як стержнів і розглядаються при цьому різні форми прогинів свердл, а також вплив вильоту малорозмірних свердл на їх експлуатаційні властивості.

Аналізом літературних джерел, в яких рекомендується зменшувати подачу при виході свердла із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів не отримано відповіді на запитання, при якому співвідношенні осьової сили різання і приведеної до шпинделя жорсткості вертикально-свердлильного верстата мало б місце різке збільшення подачі і крутного моменту при виході інструменту.

Відмічено, що на даний час питання характеру зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління не має одностайної думки. Так, як тепер відсутні обґрунтовані рекомендації щодо кількісних характеристик зміни подачі при вище згаданих процесах, як від діаметра свердла, так і приведеної жорсткості вертикально-свердлильного верстата, то задача обґрунтування характеру зміни подачі при виході інструмента із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів *є актуальною і доцільною*.

Розв'язання поставленої задачі запропоновано здійснити на основі створеної математичної моделі з конструкторсько-технологічними обмеженнями, а саме: твердості матеріалу інструменту; стійкості свердл, як стержнів, які консольно закріплені одним кінцем, а іншим оперті на торець заготовки (центрально-навантажений стержень); міцності свердл з умови кручення та міцності деталей механізму подач свердлильного верстата.

В підсумку отримали математичну модель, подану як систему певних рівнянь, яка обґрунтовує характер зміни подачі при свердлінні наскрізних отворів і може бути основою для створення нових конструкторсько-технологічних рішень, які реалізують отримані закономірності зміни подачі при наскрізному свердлінні.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИВОДОВ В МЕХАНИЗМАХ ТЯГИ ДРАГЛАЙНОВ

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

Несмотря на сложное экономическое положение стран СНГ и Евросоюза рост объемов земляных работ продолжается и требует создания высокопроизводительной мобильной скоростной землеройной техники: машин, оборудования, инструментов, рабочих органов. Поэтому поиск новых физических эффектов процесса разрушения, эффективных способов воздействия на рабочие среды; разработка способов интенсификации рабочих процессов землеройных машин – актуальная задача для ученых и инженеров.

В источниках, посвященных динамическому разрушению грунтов, приведены схемы для вибрационного, ударного, высокоскоростного разрушения грунтов, основы расчетов. Конструкции и основы расчетов приводов землеройных машин на основе волновой цепной передачи для импульсного разрушения грунтов ранее рассматривались лишь авторами.

Целью данной работы является обоснование эффективности применения комбинированного привода на основе волновой цепной передачи в механизме тяги драглайна, что обеспечивает динамическое разрушение грунта, снижение энергоемкости процесса копания.

В ходе теоретических исследований получена схема и математическая модель движения ковша драглайна с комбинированным приводом тяги на основе волновой цепной передачи. При копании ковш драглайна перемещается по забою с помощью механизма тяги дискретно, обеспечивая дополнительное разрушение связей частиц грунта. Частота импульса зависит от параметров волновой цепной передачи (диаметров звездочек, количества катков) для различных типов грунтов. С помощью теории механизмов и машин, теоретической механики, прикладной математики построена методика получения зависимостей для определения геометрических и кинематических параметров механизма тяги драглайна. Экспериментальные исследования на стенде, созданном с помощью физического и математического моделирования и установленного в лаборатории кафедры ПТМ ДГМА, подтверждают справедливость теоретических исследований и доказывают эффективность комбинированных приводов на основе волновой цепной передачи. Энергоемкость процесса копания благодаря использованию комбинированного привода снижается на 15% по сравнению с традиционным приводом механизма тяги драглайна.

**Выводы.** Полученные экспериментальные и теоретические данные позволяют судить об эффективности волновой цепной передачи для комбинированного привода механизма тяги драглайна. Применение подобного рода приводов механизмов открывает широкие перспективы в направлении интенсификации землеройных работ, усовершенствованию конструкций приводов, снижению энергоемкости рабочих процессов землеройных машин.

## **К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СБОРКИ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

Кухтик Т.В., Шишкевич К.И.  
(ДИТМ МНТУ имени академика Юрия Бугая, г.Краматорск, Украина)

Основой создания материально-технической базы народного хозяйства и продвижения научно-технического прогресса является продукция тяжелого машиностроения, которое определяет уровень механизации и автоматизации любого производства. В условиях роста конкуренции на мировом рынке машиностроения, вопросы повышения качества и конкурентоспособности крупногабаритных машин приобретают все большей актуальности. Окончательное достижение эксплуатационной надежности изделия и эффективности производства определяет последний технологический этап - сборка, трудоемкость которой в условиях единичного и мелкосерийного производства достигает 40% от общей трудоемкости изготовления машины. Это происходит ввиду специфики разработки технологии до уровня маршрутной в единичном производстве и большими габаритами изделий. В результате на сборочных операциях возникают дополнительные пригоночные работы, не предусмотренные технологией, по исправлению неточностей относительного расположения деталей и узлов. Это имеет существенное влияние на продолжительность технологического цикла и появление рекламаций со стороны заказчиков на качество продукции. Единичный и мелкосерийный тип производства предприятий тяжелого машиностроения определяет необходимость формирования, как гибкой производственной сферы, так и контролирующей и корректирующей системы управления качеством процессов в соответствии с ДСТУ ISO 9001:2009. Авторами предложены методологические основы и принципы создания системы управления качеством (СУК) сборки в условиях производства крупногабаритных машин. Разработана и исследована структурно-параметрическая модель технологического процесса и параметров отдельных сборочных операции, модель формирования продолжительности технологического цикла сборки с учетом влияния факторов наследственности предыдущих операций. В результате исследований выявлены закономерности формирования СУК сборки согласно требованиям ДСТУ ISO 9001:2009. Предложены методы мониторинга технологического процесса путем внедрения сбалансированной системы показателей для сборочного подразделения и способ измерения и прогнозирования фактической продолжительности цикла сборки с возможностью его корректирования. Метод расчета эффективности сборки основан на оценке количества дополнительных пригоночных работ.

## МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПСЕВДООЖИЖЕННОЙ СЛОЕМ АБРАЗИВА

Левинская И.М., Зуев А.С., Дзей С.Е.  
(ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)

При отделочно-зачистной обработке сложнопрофильных деталей использование традиционных способов обработки практически невозможно из-за затрудненного доступа инструмента к обрабатываемой поверхности. Поэтому особенно широкое распространение для этих целей получили методы обработки деталей в свободных абразивах, так как они позволяют во многих случаях исключить или свести к минимуму непроизводительный ручной труд и повысить качественные показатели рабочих поверхностей. Одним из них является – обработка деталей псевдоожигенным слоем абразива (ПСА).

Все имеющиеся способы интенсификации процесса обработки деталей ПСА можно разделить на несколько групп. К первой из них можно отнести традиционные способы интенсификации процесса за счет увеличения скорости вращения детали, увеличения диаметра абразивных частиц и т. д. В еще одну группу можно объединить способы, основой которых является механическое и гидродинамическое воздействие на псевдоожигенную среду, окружающую обрабатываемую деталь, с целью разрушения пограничного воздушного слоя, создаваемого вблизи ее поверхности, усиления интенсивности движения абразивных частиц, насыщения частицами воздушных образований, контактирующих с обрабатываемой поверхностью.

Проведенный анализ методов интенсификации процесса обработки деталей псевдоожигенной слоем абразива показал, что работы, посвященные разработке способов интенсификации обработки деталей ПСА, остаются актуальными, так как этим достигается повышение эффективности технологических процессов, связанных с применением этого способа обработки.

Способы интенсификации обработки ПСА путем гидромеханического воздействия на обрабатываемую поверхность перспективны, так как подходят для обработки деталей с различными геометрическими параметрами. В частности, ограничены данные об интенсификации обработки псевдоожигенным слоем абразива деталей, частично в него погруженных. Перспективным способом повышения производительности и качества обработки, в данном случае, является применение дисперсных струй (потока абразивных частиц и ожигающего агента), формируемых в полых трубках, погруженных в псевдоожигенный слой. В свою очередь, круг вопросов, связанных с изучением этого явления, рассматривается в очень ограниченном количестве исследований.

## РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ТА ПАРАМЕТРИ ВУЗЛІВ ШТОКОВИХ ТОКАРНИХ ПАТРОНІВ ДЛЯ ШВИДКІСНОЇ ОБРОБКИ

Литвин О.В.  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Затискні патрони широко застосовується для закріплення заготовок при обробці на токарних верстатах. Вимоги до підвищенню точності обробки деталей безперервно підвищуються, і ця тенденція досить важлива для розвитку сучасного виробництва. Розмірна обробка тонкостінних деталей на технологічних операціях точіння, шліфування і інших пов'язана з прогином оброблюваних поверхонь під дією сил різання і закріплення з подальшим формуванням пов'язаних з цим похибок обробки. Розробка і дослідження показників точності даного обладнання є актуальною науково-технічною проблемою, яка має важливе значення для розвитку машинобудування.

Вказана проблема є загальною і включає в себе ряд складових. Основною з них є дослідження динамічних процесів, що мають місце при роботі затискного патрона. Потрібні потужніші та технічно досконаліші методи та устаткування для виконання поставлених інженерних задач. Зокрема, при обробці на токарних верстатах особливу увагу слід приділяти установочно-затискним механізмам, які повинні забезпечувати надійне та точне базування утримання заготовок за умови складно-деформованого стану. За отриманими результатами можна встановити межу експлуатаційного використання, тобто граничну частоту обертання, що забезпечує необхідну силу для утримання заготовки. Дослідження динамічних процесів ефективно здійснюється методами середовища T-Flex Parametric CAD».

Виконані розрахунки зміни динамічної складової сили затиску від частоти обертання досліджуваного затискного патрону в межах, коли сила затиску заготовки впаде до  $1/3$  відносно початкового значення, тобто до 33%. Аналізуючи результати, можна зробити висновок, що залежність коректно відображає характер зміни падіння затискного зусилля на кулачках та граничне значення по частоті обертання складає  $3700 \text{ хв}^{-1}$ . Також судячи з величин максимальних частот використання, можна стверджувати, що досліджуваний затискний патрон працює в близькому діапазоні в порівнянні з аналогічними самоцентруючими патронами фірми Schunk моделей NCS 250 і NCR 200, подібна за габаритами та конструкцією. Порівнюючи наведені вище графіки, можна зробити висновок, що побудована нами залежність коректно відображає характер зміни падіння затискного зусилля кулачків на заготовку. Також судячи з величин максимальних частот використання ми можемо стверджувати, що наша, подібна за габаритами конструкція, працює в близькому діапазоні і порівнянні з аналогами.

## ПОДРІБНЕННЯ ЗЛИВНОЇ СТРУЖКИ ПРИ ДВОРІЗЦЕВІЙ ОБРОБЦІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ДЕТАЛЕЙ ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Луців І.В., Штогрин С.П.  
(ТНТУ ім. І. Пулюя, Тернопіль, Україна)

В сучасному машинобудуванні виникає нагальна проблема пошуку ефективних способів боротьби з таким негативним явищем як утворення зливної стружки при обробці в'язких матеріалів, зокрема алюмінієвих сплавів.

На кафедрі конструювання верстатів інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету розроблено ряд методів подрібнення стружки в процесі обробки з використанням механізмів адаптивного типу. При цьому реалізується механічний зв'язок між декількома різальними лезами. Поряд з тим є очевидною можливість заміни механічного зв'язку між інструментами на електромеханічний. Сутність даної пропозиції полягає в тому, що, використовуючи два супорти(інструменти), один з яких є умовно нерухомий (пасивний), тобто має постійну подачу різання, пов'язуємо їх між собою електромеханічним зв'язком, який допускає програмне керування процесом. Процес стружкоподрібнення здійснюється в результаті зворотно-поступальних рухів рухомого (активного) інструменту (супорта) в межах постійної подачі. тангенціальні і осьові колювання і забезпечують процес переривання стружки, і, таким чином її подрібнення. На рис. 1 показаний інструмент і зразки подрібненої стружки.



Рис. 1. Фото дослідних зразків інструменту і подрібненої стружки

В якості привода колювань доцільно застосовувати тяговий електромагніт, який забезпечує достатньо велике тягове зусилля, і налаштування різної частоти і амплітуди колювань, що визначають довжину подрібненої стружки. Керування цими параметрами здійснюється регулятором імпульсів змінної частоти, змонтованим на базі інтегральної мікросхеми К561ЛЕ5. Привід-електромагніт можна налаштовувати в залежності від оброблюваного матеріалу, а також необхідного ходу штока та зусилля різання.

Керування також може здійснюватись програмованим модулем з використанням логічних контролерів, що дає змогу розширити діапазон застосування пристрою та забезпечує можливість програмно змінювати закон колювань, а також повністю автоматизувати процес подрібнення стружки.



# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Майборода В.С., Д.Ю. Джулий, И.В. Ткачук  
(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

Финишная обработка магнитно-абразивным методом концевой и осевой режущего инструмента, применяемая для получения равномерной шероховатости его рабочих поверхностей, формы и заданных радиусов округления режущих кромок как вдоль оси инструмента, так и в торцевых сечениях возможна при формировании в процессе обработки магнитно-абразивного инструмента (МАИ) с прогнозируемыми, стабильными по рабочему сечению свойствами. Для восстановления формы магнитно-абразивного инструмента, выравнивания его плотности, абразивных и полирующих свойств по высоте рабочих зазоров предложено использование противоположно установленных восстанавливающих стержневых элементов.

*Цель работы:* исследовать поведение МАИ по высоте рабочих зазоров при МАО в режиме «натекания» с восстанавливающим элементом. Исследовать процессы МАО твердосплавных концевых фрез по обеспечению равномерной обработки рабочих поверхностей на торцевой и цилиндрической части, формирование заданного радиуса округления режущих кромок.

Первый этап экспериментов проводился на специально подготовленных образцах, изготовленных из сплава титана ВТЗ-1, нержавеющей слабо магнитной стали Х18Н10Т, латуни Л60. МАО образцов выполняли порошком Ферромап с размером частиц 200/100 мкм, при скорости вращения вокруг оси кольцевой ванны 3 м/с, магнитной индукции в рабочих зазорах 0,22-0,23 Тл в течение 60 с. Варьировали углом наклона противоположно установленного стержневого элемента по отношению к плоскости кольцевой ванны в диапазоне 0 – 50° и углом наклона оси образцов от 35° до 65°. Анализировали способность МАИ обеспечивать максимальное снижение шероховатости поверхности образцов после МАО в различных по высоте зонах магнитных зазоров. В качестве критерия, определяющего полирующую способность МАИ в указанных зонах магнитных зазоров использовали отношение изменения величины параметра Ra до и после цикла МАО по отношению к исходной шероховатости Ra<sub>исх.</sub> каждого обрабатываемого участка детали.

Показано, что при обработке в режиме «натекания» целесообразно использовать стержневой, противоположно расположенный восстанавливающей элемент установленный под углом, находящемся в диапазоне 35-50° по отношению к плоскости кольцевой ванны при углах базирования деталей – 35-45°.

Второй этап экспериментов проводился на твердосплавных концевых фрезах  $\varnothing 12$  мм. Обработка выполнялась при скорости вращения деталей вокруг оси кольцевой ванны 3 м/с и вращении вокруг собственной оси 300 об/мин. Угол базирования фрез относительно плоскости кольцевой ванны составил 40°. Угол установки противоположно расположенного стержневого восстанавливающего элемента соответствовал оптимальным значениям для условий МАО в режимах «натекания» и «стекания» - 35-45°. Вращение вокруг собственной оси фрез выполняли в направлении «на режущую кромку» - по часовой стрелке. Экспериментальная проверка результатов расчетов показала, что обеспечивается равномерная обработка всех рабочих поверхностей фрезы, как на торце так и на цилиндре со средним радиусом округления 18-20 мкм при исходном радиусе 7-7,5 мкм и равномерной шероховатостью, которая составила Ra=0,05-0,08 мкм. При этом на режущих кромках выполнено полное удаление и располировка микровырывов материала и микросколов, сформированных в процесс заточки инструмента.

## РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ СПОСОБОМ ПЛАЗМА-МИГ НАПЛАВКИ

Макаренко Н.А.

(ДГМА, г.Краматорск, Украина)

Значительное количество деталей токарных станков (например, пиноли и т.д.) изготавливают, используя сталь 40Х или сталь 45, применяя в технологической цепочке их производства последующую поверхностную закалку. За последнее время в промышленности нашел применение процесс хромирования поверхности деталей, однако данный процесс имеет ряд недостатков, в частности характеризуется высокой трудоемкостью и высокой себестоимостью.

Альтернативным способом восстановления изношенных деталей токарных станков является наплавка, которая имеет также ряд недостатков, а именно: наличие включений и дефектов в наплавленном металле, значительный разброс показателей механических свойств, вызываемый структурной неоднородностью и т.д. Наиболее эффективным способом наплавки является плазма-МИГ процесс, который имеет ряд известных достоинств, в частности: малую глубину проплавления основного металла (что обеспечивает экономию наплавочного материала при высоком качестве покрытия); не требует различных методов дальнейшей обработки наплавленного металла (обычно проводимой с целью повышения стабильности его свойств). Именно поэтому является целесообразным использование данного метода не только для восстановления изношенных деталей (типа пинолей токарных станков), но и для их непосредственного изготовления. Разработанная порошковая проволока, шихта которой содержит хром и марганец с добавками кремнистой меди, азотированного ванадия, титана, карбида кремния, борфторида никеля, поташа, прошла успешное апробирование при восстановлении пинолей токарных станков (коэффициент заполнения порошковой проволоки составляет 40%). Процесс наплавки протекал спокойно с минимальным разбрызгиванием, наблюдалось хорошее формирование наплавленного валика. Доказана перспективность применения фосфора в наплавочных материалах при использовании плазма-МИГ процесса.

В нелегированных сталях фосфор образует легкоплавкие хрупкие эвтектики типа  $FeP-Fe_3P$ . Фосфиды железа не отличаются высокой твердостью и термодинамической устойчивостью, поэтому предлагается связывать фосфор вместо легкоплавких и хрупких эвтектик типа  $FeP-Fe_3P$  в тугоплавкие фосфидные фазы типа  $Al-P$ ,  $B-P$  или  $(Fe, Cr)_3P$  и  $(Fe, Mo)_3P$ . Отметим, что особенности плазма-МИГ процесса не предусматривает последующую термическую обработку изделия, так как наплавленный данным способом металл имеет структуру, свойственную структуре, прошедшей последующую термообработку, которая часто является необходимым условием при применении иных дуговых способов наплавки. Учитывая то обстоятельство, что в наплавочных сплавах, как правило, в качестве легирующих элементов используются сильные карбидообразователи, важное значение имеет установление равновесия между карбидами и фосфидами легирующих металлов, которое зависит от их термодинамических характеристик. В связи с этим, проводятся дальнейшие работы по усовершенствованию состава шихты порошковой проволоки, предназначенной для наплавки пинолей.

# НОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

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

Основная задача при изготовлении крупных деталей в тяжелом машиностроении – получение высококачественных поковок из слитков. После анализа существующих технологических процессовковки крупных поковок установлено, что около 90% всех технологических процессовковки предполагают применение энергоёмкой операции осадки. При осадке в осевой зоне слитка возникает неблагоприятное напряженно-деформированное состояние, которое приводит к раскрытию осевой рыхлости слитка. Исключить операцию осадку можно за счёт применения укороченных слитков. Основной дефект кузнечного слитка, который должен быть устранен операциямиковки – осевая пористость. Эффективным способом заковывания осевых дефектов слитков является применение кузнечной операции протяжки. При протяжке укороченных слитков необходимо обеспечить равномерное распределение деформаций по сечению заготовки и состояние всестороннего неравномерного сжатия в осевой зоне слитка. Это возможно за счётковки слитков выпуклыми бойками (профилирования заготовки) и последующей обкатки вырезными или плоскими бойками.

Ограничением профилирования заготовок выпуклым радиусным бойком является их низкая универсальность – определённый радиус выступа бойка применим для узкого диапазона диаметров заготовок. Более универсальной схемойковки будет применение выпуклых клиновых оппозитных бойков, которые применимы для различных диаметров заготовок. Ковка слитка производится с кантовкой на 90°, продавливание выпуклыми клиновыми бойками позволит получить четырёхлучевую заготовку, что в итоге дополнительно повысит жёсткость схемы напряжённого состояния в осевой части слитка при последующей обкатке.

Цель работы – исследование влиянияковки выпуклыми клиновыми оппозитными бойками с различными углами и степенью обжатия на НДС и закрытие осевого дефекта слитка. Задача исследования сводится к определению эффективных углов выпуклого клинового бойка, установления рациональных степеней обжатий, при которых происходит закрытие осевого дефекта.

Исследовались следующие углы клиновых выпуклых бойков: 140°, 160° и 180°(плоские бойки) и двухсторонняя глубина вогнутостей граней (обжатия) 15%, 25%, 35% от диаметра заготовки. В качестве заготовки был принят укороченный слиток с диаметром  $D=2000$  мм и длиной  $L=1000$  мм. В слитке моделировался искусственный осевой дефект диаметром  $d_{\text{деф}0} = 0,1D$ .

*Выводы.* Установлено, что чем больше угол клина бойка и глубина вогнутостей граней (величина обжатия), тем интенсивнее закрывается осевой дефект. Для интенсивного закрытия осевых дефектов необходимо формировать четырёхлучевую заготовку со степенью обжатия 25...30% бойками с углом в диапазоне 160...180°.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ В МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБАХ**

Мартинів А.П., Васильєв О.П.  
(ДГМА, ПАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Удосконалена раніше спроектована автоматизована система вибору конструктивно-технологічних параметрів нерухомих з'єднань в машинобудівних виробках з розрахунками їх на основі теорії найбільших дотичних напружень.

Згідно розробленої концепції вперше посадки поетапно вибираються з врахуванням спочатку переважних, потім рекомендованих стандартами ЄСДП і ISO (групами з різними квалітетами), і, нарешті, нестандартних (з квалітетами 9-8), що використовуються в важкому машинобудуванні, завдяки чому різко розширюються області використання цього виду нерухомих з'єднань.

Алгоритм і програма оптимізації передбачає призначення раціональних параметрів вузла і особливостей оброблення і складання на основі аналізу значущості параметрів проміжних даних і максимальних експлуатаційного і технологічного запасів міцності.

Можливі 2 варіанти програми і одержання потрібної інформації: для робочого проектування конструктором і в учбових цілях для студентів.

В першому випадку результати розрахунків містять в готовому вигляді як можливі посадки за різними групами з вказівкою запасів, так і необхідні конструктивні і технологічні параметри з'єднань. Остаточні посадки призначаються конструктором з врахуванням умов експлуатації і стабільності технологічних процесів складання на підприємстві.

Згідно ж учбової програми в листку звіту наводяться лише набір можливих стандартних (згідно ЄСДП) посадок і основні розрахункові технологічні параметри складання з'єднання (зусилля запресовування, температури нагрівання чи охолодження), а користувач сам підраховує запаси міцності, вибирає потрібні технологічні процеси оброблення обох спряжених деталей, конструктивні параметри шийок з'єднаних деталей.

Розроблена методика оптимізації вибору усіх можливих посадок з використанням полів допусків, рекомендованих ISO, дозволяє управляти якістю нерухомих з'єднань з урахуванням конкретних особливостей виробництва продукції на підприємстві, що відкриває ширші можливості застосування посадок з натягом замість інших видів нерухомих з'єднань.

Таким чином, запропонована концепція вибору нерухомих посадок з числа усіх рекомендованих ЄСДП і ISO з врахуванням особливостей спроектованого вузла, можливих технологічних процесів виготовлення і складання на конкретному машинобудівному підприємстві.

Такий підхід особливо актуальний з урахуванням важливості вирішення проблеми взаємозамінності виробів на основі комплексу останніх міжнародних стандартів GPS.

## УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШКИВОВ-ПОЛУМУФТ ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Мартыновская Е.В., Кассов В.Д.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Конвейерный транспорт является наиболее прогрессивным по интенсивности грузопотоков, наличию резервов производительности и экономическим показателям. Из-за преждевременного износа деталей и простоя оборудования, предприятия несут большие убытки. Было установлено, что наибольшему износу подвергаются ленты конвейера (70%), детали привода (18%), роlikоопоры (12%). Мало рассмотрены, является вопрос по увеличению сроков эксплуатации шкивов-полумуфт ленточных конвейеров.

В данной работе была решена задача увеличения срока эксплуатации шкивов-полумуфт за счет напыления на детали износостойких материалов газопламенным способом с целью придания им определенных эксплуатационных свойств, отличных от свойств основного материала детали или восстановления изношенных деталей.

Был проведен анализ условий эксплуатации конвейеров, работающих на открытых горных разработках, и установлено, что основным видом износа является абразивный. На процесс изнашивания шкивов влияет природа абразивных частиц, агрессивность среды, свойства изнашиваемой поверхности, ударное взаимодействие, нагрев и другие факторы. Общим для абразивного изнашивания является механический характер разрушения поверхности.

Были проведены опыты по напылению износостойкого покрытия ПГ-СРЗ на детали из Стали 3 и установлены основные зависимости, влияющие на качество напыленного слоя и экономичность процесса. Скорость перемещения горелки относительно вращающегося изделия должна находиться в пределах 5-15 мм/оборот изделия, окружная скорость вращения изделия 10-15 м/мин. Была определена зависимость температуры факела от дистанции напыления (оптимальное расстояние 150, 200, 250 мм). Коэффициент использования порошка также зависит от дистанции напыления. Полученные результаты показали, что с увеличением дистанции напыления коэффициент использования порошка повышается. Следует так же отметить, что заметное влияние на коэффициент использования порошка оказывает угол напыления. Наибольший коэффициент использования порошка при напылении под углом 70-90°. Экспериментальным путем установлено, что с увеличением радиуса напыляемой поверхности и толщины напыляемого слоя число оборотов детали при напылении уменьшаются.

Были проведены лабораторные испытания на сцепления напыленного покрытия с образцом при растяжении и при сдвиге, которые показали хорошую адгезионную прочность. При нагрузке в 58 кН прочность при растяжении составила 83 МПа, а при нагрузке в 83 кН прочность на сдвиг составила 106 МПа. Износостойкость покрытий повысилась 1,3 раза.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ НАПЛАВКОЙ

Мельник М.С., Бойко И.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Направляющие являются одним из важнейших элементов станка. От качества направляющих зависят параметры точности, грузоподъемности и долговечности станка в целом. Износостойкость направляющих является достаточно актуальным вопросом, поскольку влияет на от нее изменение точности станка в течении срока эксплуатации.

Наибольшее распространение получили направляющие смешанного трения, как наиболее простые, технологичные и не требовательные к условиям эксплуатации. Но их недостаток – подверженность износу, в основном абразивному и в меньшей степени – адгезионному. Поэтому их износостойкость определяется в первую очередь твердостью рабочих поверхностей.

Направляющие изготавливаются обычно как одно целое с базовой деталью и соответственно из того же материала, т.е. чугуна для литых деталей или низкоуглеродистой стали - для сварных деталей. Такие материалы имеют твердость порядка 180...280НВ, что обуславливает их низкую износостойкость и задиростойкость. Для высокой износостойкости твердость рабочих поверхностей должна составлять не менее 55...65 HRC, что соизмеримо с твердостью стальной стружки как основного загрязняющего элемента.

Поверхностное упрочнение таких направляющих термическими и химикотермическими методами технологически затруднительно даже для легких станков, а для средних и тяжелых практически невозможно. Поэтому применение наплавки материалами высокой твердости может быть технологически приемлемым и экономически оправданным приемом.

Среди способов наплавки, возможных для восстановления и изготовления направляющих, целесообразно выделить ванную наплавку. Данный способ заключается в придании заведомо желаемой формы боковым поверхностям наплавленного слоя при помощи керамических, графитовых либо композиционных пластин и последующей наплавке. Такая схема возможна как ручным так и механизированным способами. В качестве наплавочных материалов могут служить покрытые электроды, проволока сплошного сечения либо металлопорошковая (в сочетании с флюсом либо защитным газом), а также самозащитная порошковая проволока. Последняя имеет весомые преимущества среди перечисленных наплавочных материалов ввиду высокой технологичности, наиболее низкой стоимости наплавленного металла, а также повышенной производительности наплавки.

Ввиду того, что предельный износ направляющих станков обычно не превышает 0,1...0,5 мм для легких и средних станков, и 0,2...1,5 мм для тяжелых, можно порекомендовать к применению порошковые проволоки диаметрами 1,2-1,6 мм. Обычно применяется однослойная наплавка в несколько проходов, а также многодуговая наплавка – способ, при котором в зону наплавки подается одновременно нескольких проволок. В этом случае формирующие пластины двигаются относительно изделия вместе с наплавочной головкой.

## ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Мішура Є.В.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Технологічний процес механічної обробки – система, що складається із сукупності операцій, об'єднаних в певній послідовності. Підсистемами технологічного процесу механічної обробки є операції. Більш дрібними структурними одиницями є переходи і прийоми (групи прийомів). Кожний прийом (група прийомів) націлений на виконання певної функції.

В процесі виконання переходу виконується багато прийомів. Таким чином, перехід в загальному випадку поліфункціонален. Тим більше поліфункціональна кожна операція. При цьому об'єкти функцій можуть бути різні. Все це призводить до того, що функціонально-вартісний аналіз техпроцесів володіє деякими особливостями.

По перше, важко правильно проранжувати усі функції технологічних операцій, щоб вони чітко вкладалися в єдину зв'язну функціонально-структурну модель. Тому ФВА техпроцесу механічної обробки деталей важкого машинобудування доводиться проводити за спеціальними процедурами, зв'язаним з класифікацією операцій (переходів). Ця класифікація [2,5,8] передбачає поділ всіх операцій (переходів) на створюючі; забезпечуючі; виправляючі; контролюючі.

По друге, у складі операцій можуть бути переходи які створюють і забезпечують, виправляють та контролюють. В цьому випадку ФВА доводиться проводити по окремих переходах, що значно збільшує обсяг аналітичних робіт. У цих випадках доводиться іноді проводити переструктуризацію процесу, перш ніж можна буде скористатися ФВА.

По третє, прийнято вважати, що структурний аналіз техпроцесу не дає суттєвих результатів. Слід зауважити з цього приводу, що техпроцес це не що інше, як сукупність позитивних і негативних дій, які вчиняються в технологічній системі при перетворенні предмета праці. Тому без такого аналізу банк не був би неповним.

По четверте, проведення структурного і функціонального аналізу процесу в цілому і за операціями призводить до дуже великого обсягу аналітичної роботи, тому краще ці види аналізу проводити після «згортання».

По п'яте, у технологічних процесах механічної обробки деталей важкого машинобудування використовується безліч ресурсів, втрати яких істотно погіршують техніко-економічні показники (наприклад, собівартість продукції), тому необхідний ретельний ресурсний аналіз, з метою зменшення відходів і втрат ресурсів.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Михайлов А.Н., Михайлов Д.А., Михайлова Е.А.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Научно-технический прогресс постоянно требует от технологов решения вопросов кардинального повышения качества изделий машиностроения, а также обеспечения качественно новой совокупности свойств и меры их полезности. Это особенно необходимо для изделий, работающих в сложных условиях эксплуатации, к которым предъявляются высокие требования к свойствам. В эксплуатационных условиях на изделия действует целое множество различных функций. Причем эти функции имеют переменные параметры действия, что в ряде случаев приводит к быстрому выходу изделия из строя и снижению эксплуатационных свойств машины или технологической системы. Это требует обеспечения изделиям машиностроения новых нетрадиционных свойств [1, 2, 3].

Для решения этих вопросов потребны нетрадиционные подходы в создании принципиально новых технологий, позволяющих решать сложные задачи создания машин нового поколения с композицией свойств, получаемых за счет применения различных по значимости технологий [4].

Целью данной работы является повышение качества изделий машиностроения на основе специальных композиционных технологий путем разработки общего подхода их создания базирующегося на сочетании не менее двух различных по значимости технологий на основе принципов композиции, количество которых определяется числом различных направлений обеспечения свойств изделий.

В работе приведены основные особенности и даны основные принципы создания композиционных технологий машиностроения. Разработан общий подход создания этих технологий. Он базируется на многоуровневом композиционном синтезе различных по значимости технологий на основе принципов композиции в оболочках X-уровней. Здесь количество технологий соединяемых в композиционную технологию определяется числом необходимых направлений обеспечения свойств изделия. Связи между уровнями технологий реализуются итерационно-рекуррентные. Ядром процесса проектирования этих технологий являются комбинированные или гибридные технологии, внешняя оболочка базируется на принципах функционально-ориентированных технологий, промежуточные оболочки формируются на основе различных по значимости технологий, том числе макро-, микро- и нанотехнологий.

**Композиционная технология** – это специальная технология, структура которой образовывается сочетанием не менее двух различных по значимости технологий на основе принципов композиции, количество которых определяется числом направлений обеспечения свойств изделий.



## ПРОБЛЕМЫ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Мицык А.В., Федорович В.А.  
(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Современная металлообрабатывающая промышленность, получившая дополнительный импульс развития в послекризисный период, требует от процессов отделочно-зачистной обработки высокой производительности и качества поверхности деталей, внедрение высокоэффективных технологий отделки новых труднообрабатываемых материалов. Определенные трудности до сих пор имеют место в производстве механизмов и тому подобных коробчатых деталей, которые представляют основу для пространственного координирования и кинематической связи деталей и узлов, монтируемых в них, а также корпуса приводных и распределительных гидropневмосистем.

Отделочно-зачистная обработка таких деталей включает удаление дефектов поверхности, накопленных операциями предшествующей обработки резанием лезвийным инструментом. Удаление заусенцев с толщиной у основания до 0,2 мм, скругление острых кромок радиусом до 2 мм, уменьшение шероховатости поверхности до  $R_a = 0,32$  мкм и менее, а также операции мойки и удаления загрязнений в виде стружки, масел, эмульсий и др. составляет до 20 % времени на изготовление деталей, поверхность которых имеет множество пазов, карманов, глухих и сквозных отверстий различного диаметра и др.

В большинстве случаев перечисленные отделочно-зачистные операции выполняются со значительной долей ручного труда и применением непроизводительных средств малой механизации, что происходит не по принципиальным соображениям, а из-за технической отсталости производства. Таким образом, ускоренное развитие отечественного машиностроения предполагает форсированную модернизацию металлообрабатывающих предприятий, оснащенных в большинстве своем технологическим отделочно-зачистным оборудованием устаревшим морально и физически.

Виброобрабатывающие технологии и станочный парк, внедрившийся в производство в 70 – 80 годы прошлого столетия в настоящее время уже не отвечает требованиям производительности и качества обработки современных изделий при обеспечении их конкурентоспособности. В этой связи настоящий период характерен интенсивным развитием научных исследований в области теории колебаний и их практическим использованием в технологических процессах и устройствах. Непрерывное совершенствование процессов виброобработки и расширение их технологических возможностей потребовало создание новых разновидностей метода виброобработки, получаемых по принципу комбинирования различных схем энергетического воздействия с одновременным использованием физических эффектов воздействия вибрационных сил, центробежных сил, а также воздействия струйного движения потоков жидкости, химически-активных растворов и др.

## СОСТОЯНИЕ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНКО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ

Музыкант Я.А.

(ОАО «ВНИИинструмент» г. Москва, Россия)

Основная часть российских машиностроительных предприятий остро нуждается в техническом перевооружении. Текущая степень износа оборудования достигает 75%. Почти 60% предприятий оснащены оборудованием, выпущенным до 1980 года. Доля станкостроения в машиностроении РФ составляет 2...3%. С чисто экономической точки зрения масштабы станкоинструментальной отрасли невелики. Однако необходимо принимать во внимание, что она является фондообразующей и системной отраслью для машиностроения, а значит, и для всей обрабатывающей промышленности.

*Кадровые проблемы* постепенно обостряются и снижение интеллектуального потенциала в станкоинструментальной отрасли (да и в машиностроении в целом) отчетливо проявляется в настоящее время. В вузах, ведущих подготовку специалистов для станкоинструментальной отрасли в связи с ухудшившимися условиями материального обеспечения научно-педагогических коллективов, наблюдается отток наиболее квалифицированных и инициативных специалистов и увеличение среднего возраста преподавателей. Материально-техническая база кафедр вузов, обучающих специалистов по станкоинструментальному профилю, практически не обновлялась в последние десять лет и не соответствует современным требованиям.

Особое значение приобретают *энергоэффективность* и значительное увеличение коэффициента использования мощности оборудования, повышение производительности на единицу потребляемой мощности, сокращение в несколько раз нерационально используемых производственных площадей.

Для эффективного подъема и развития конкурентоспособности инструментальной подотрасли необходимо провести быструю модернизацию действующих производств инструмента, создание участков и производств для изготовления высококлассного инструмента, например:

- для обработки крупноразмерных деталей на тяжелых станках, в том числе для сырьедобывающих отраслей, тяжелого, транспортного, энергетического машиностроения, судостроения и т.п.

- для многонаправленной обработка деталей на высококомпьютеризованном оборудовании;

- разрабатывать и выпускать высококомпьютерезированное станочное оборудование, в том числе с оснащением диагностики состояния и измерения; создавать производственные системы переменной конфигурации (ПСПК);

- повысить имидж профессий и оплату их работников;

- восстановить в сжатые сроки сеть подготовки специалистов (рабочих, ИТР) для станко-инструментальной отрасли.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ГІПЕРБОЛОЇДНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ТА ЧЕРВ'ЯЧНИХ ЗУБОРІЗНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Настасенко В.О.  
(ХДМА, м. Херсон, Україна)

Робота відноситься до всіх галузей машинобудування, верстатобудування та інших, де застосовуються черв'ячні передачі, та до галузі інструментального виробництва, а саме – до черв'ячних зуборізних інструментів, створених, як для обробки циліндричних коліс, так і для обробки черв'ячних зубчатих пар.

Удосконалення зубчастих передач і зуборізних інструментів є актуальною задачею, оскільки в умовах науково-технічного прогресу постійно ростуть потреби і вимоги до показників різноманітних машин і механізмів, в яких вони використовуються. Окрім цього ростуть потреби удосконалення технологічних процесів та інструментів для ефективного їх виготовлення.

Основними проблемами удосконалення зубчастих передач є підвищення їх точності, зносостійкості, навантажувальної здібності, к.к.д., зменшення ваги і габаритів, а також спрощення та підвищення продуктивності їх виробництва і обслуговування при експлуатації.

Одним з найбільш прогресивних видів зубчастих зачеплень, на сучасному рівні техніки, є гіперболоїдне, оскільки забезпечує точне відтворення профілю при будь-якому куті нахилу зубчастої рейки, що дозволяє використовувати їх для високоточних черв'ячних пар з будь-якою кількістю заходів, яка для сучасних високоточних циліндричних черв'ячних пар обмежена у 4 заходи, що адекватно обмежує їх можливості. Але складність технологій виробництва гіперболоїдних зубчастих пар суттєво зростає, що стримує можливості їх впровадження.

*Мета роботи* – пошук основних можливих і відбір найбільш ефективних та економічних шляхів підвищення точності і продуктивності виробництва гіперболоїдних черв'ячних передач, та розробка для них нових конструкцій і способів їх обробки, а на їх базі – нових черв'ячних фрез, шеверів, абразивних шліфувальних кругів та зубофрезерних верстатів і технологій їх виробництва.

Запропонований у патенті Російської федерації № 2200262 спосіб обробки з подачею інструменту по нормалі до витка черв'яка усуває вказані недоліки, але потребує суттєвої переробки існуючих верстатів для обробки черв'яків.

Однак для однозаходних і двоухаходних черв'яків, у яких кут підйому гвинтової лінії не перевищує  $3...6^\circ$ , нарізання гіперболоїдних черв'яків по запропонованій в патенті № 2200262 технології можливе на базових токарних і різьбошліфувальних верстатах при нахилі подовжньої осі черв'яка, за рахунок відповідного зсуву центру заданої бабки верстата. Воно може бути реалізовано вже зараз, без суттєвої переробки базового обладнання і зміни технологій. Тому вартість цих операцій майже не зміниться, що дозволяє замінити однозаходні і двоухаходні циліндричні черв'ячні передачі гіперболоїдними у короткі строки. Дані технології рекомендуються також для черв'ячних зуборізних інструментів, оскільки дозволять підвищити точність нарізання зубчатих коліс на 1 клас.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УДАЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПАЗОВ

Нечепаев В. Г., Гнитько А. Н., Харламов С. Ю.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Эффективным вариантом устранения ограничения производительности фрезерования прямоугольных пазов по фактору наличия отделенной стружки в зоне обработки является ее принудительное удаление при помощи устройств, использующих гидродинамический потенциал напорных струй смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС).

Физическая модель такого процесса представляет собой тело волочения, образованное отделяемой при фрезеровании паза стружкой, находящейся в состоянии квазистационарного равновесия под действием приложенных к нему сил, в том числе и сил принудительного воздействия напорных струй СОТС.

Масса сыпучего тела волочения определяет давление  $p_i$  на нижнюю поверхность паза и давление  $p_a$  на боковые поверхности паза. Для перемещения тела волочения вдоль паза (с целью удаления) к нему прикладывается сила принудительного воздействия  $F_{i\delta}$ . Увеличение длины тела волочения сопровождается приростом бокового давления  $\Delta p_a$ . Наличие давлений на указанные поверхности паза обуславливает возникновение касательных сил сопротивления перемещению тела волочения. Так, на боковых поверхностях паза действует сила  $F_a$ , а на нижней -  $F_i$ .

Исходная зависимость для определения силы  $F_{i\delta}$  принудительного воздействия на тело волочения для его перемещения представлена в виде

$$F_{i\delta} \geq \sum F_i,$$

где  $\sum F_i$  - суммарная сила сопротивления перемещению тела волочения.

Для определения суммарной силы сопротивления перемещению получена зависимость

$$\sum F_i = f \cdot \rho \cdot g \cdot d \cdot c \cdot L \cdot e^{[2f \cdot n_6 \cdot d^{-1}]L},$$

где  $f$  - коэффициент сопротивления перемещению стружки;

$\rho$  - плотность стружки;

$g$  - ускорение свободного падения;

$d$  - диаметр фрезы;

$c$  - высота паза;

$n_6$  - коэффициент бокового давления;

$L$  - длина тела волочения.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПАЗОВ

Нечепав В. Г., Гнитько А. Н., Харламов С. Ю.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Анализ разработанной математической модели позволил сформулировать следующие выводы:

1. Изменение силы  $\Sigma F_i$  по длине тела волочения  $L$  имеет экспоненциальный характер.

2. Значение силы  $\Sigma F_i$  в преобладающей степени определяется не  $F_i$ , обусловленной массой тела волочения (кривая 2, рис. 1), а приростом сил бокового давления  $F_{\Delta p}$  в связи с возрастанием длины тела (кривая 1, рис. 1, 2). Причем с увеличением длины тела волочения разница между значениями сил  $F_i$  и  $F_{\Sigma}$  существенно возрастает. Так, на длине тела 0,1 м сила  $F_{\Sigma} = 0,12$  Н,  $F_i = 0,04$  Н (33% от  $F_{\Sigma}$ ), а на длине 0,15 м  $F_{\Sigma} = 0,3$  Н и  $F_i = 0,06$  Н (20% от  $F_{\Sigma}$ ).

3. Преобладающее значение прироста сил бокового давления с возрастанием длины тела волочения обуславливает более интенсивное возрастание силы сопротивления перемещению для пазов меньшего размера по сравнению с пазами большего размера (рис. 2). Так, на длине тела волочения 0,3 м сила  $\Sigma F_i^{(d=20)} = 2,6$  Н,  $\Sigma F_i^{(d=10)} = 3,25$  Н (125 % от  $\Sigma F_i^{(d=20)}$ ), а на длине 0,5 м  $\Sigma F_i^{(d=20)} = 11,6$  Н,  $\Sigma F_i^{(d=10)} = 39$  Н (336 % от  $\Sigma F_i^{(d=20)}$ ).

4. Для минимизации параметров устройств удаления стружки необходимо стремиться к удалению тела волочения минимально возможной длины.

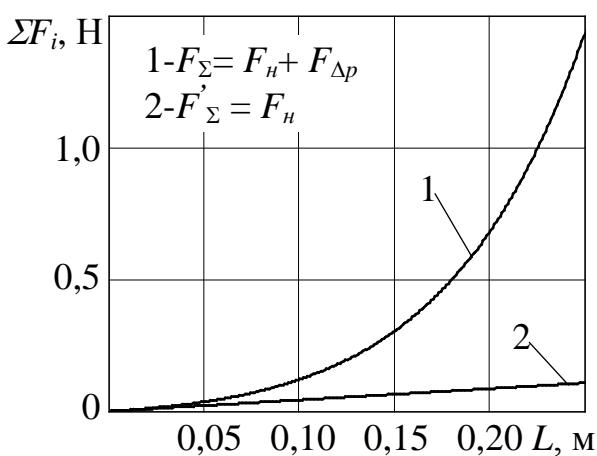


Рис. 1. Зависимость силы  $\Sigma F_i$  сопротивления перемещению тела волочения от его длины  $L$  ( $d = 10$  мм)

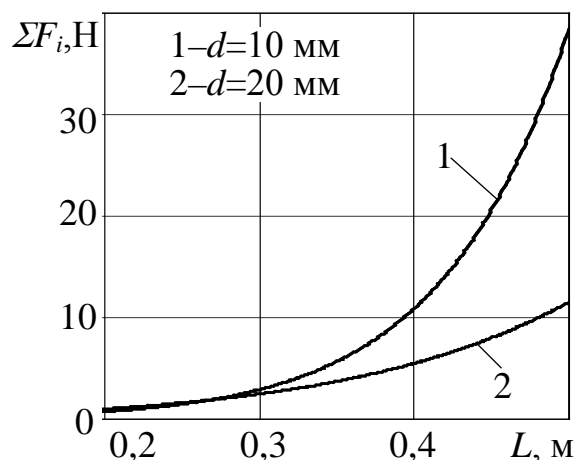


Рис. 2. Зависимость силы  $\Sigma F_i$  сопротивления перемещению тела волочения от его длины  $L$

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Парфёнова И.Н.

В настоящее время возрастает потребность в использовании автоматизированных систем управления производством (АСУП) для повышения эффективности работы предприятия в автоматизированном режиме. АСУП включает в себя системы управления технологическими процессами, запасами сырьевых материалов, топливо-энергетических ресурсов, комплектующих изделий, полуфабрикатов, готовой продукции, экономической деятельностью предприятия, автоматизированной подготовки документации предприятия и отчетных документов. Т.о. АСУП представляет собой ряд систем автоматизации, объединенных в единую сеть потоками информации, что позволяет сократить затраты труда на передачу информации (отчетов, распоряжений, планов и т.д.) между подразделениями предприятия, сократить время их подготовки, избежать ошибок, ввести в активный режим работы систему управления качеством на предприятии.

Эффективной составляющей АСУП выступает модуль планирования производственного процесса, который может обеспечить непрерывность и стабильность производства, в частности производства стали. Основным методом планирования производства стали в таких системах может выступать метод сетевого планирования.

Для составления плана работы оборудования в сталеплавильном цехе, диспетчеру необходимо получить пакет заказов. Параметрами заказа выступает тоннаж и марка стали, которую необходимо произвести. Согласно этим параметрам, диспетчеру необходимо распределить их на оборудование руководствуясь при этом особенностями технологического процесса и сформированным планом структуры производственного оборудования. Далее необходимо запланировать технологические операции, обеспечивающие производство стали по каждому заказу и т.о. определить сроки их выполнения. Когда все данные сформированы, будет возможно составление плана работы оборудования сталеплавильного цеха на заданный период.

Планирование работы в сталеплавильном цехе машиностроительного предприятия требует больших затрат времени из-за сложной организационной структуры и непрерывности поступления заказов и работы оборудования. Также необходимо учитывать возможные простои оборудования по причине профилактических и ремонтных работ.

Внедрение в производственный процесс системы оперативного планирования сталеплавильного цеха позволяет сократить время на планирование работы оборудования в условиях изменения номенклатуры производимой продукции и технологических особенностей производства.

## ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ ФРЕЗЕРУВАННЯ 3-D ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

Петраков Ю.В., Писаренко В.В.  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

В умовах сучасного виробництва фрезерування на верстатах з ЧПК є однією з найпоширеніших операцій механічної обробки. Оброблення складних 3D поверхонь, як правило, виконується кінцевими фрезами зі сферичною вихідною інструментальною поверхнею і тому характерною особливістю 3D фрезерування, є труднощі, які пов'язані з призначенням стратегії зрізування припуску. Наявність нерівномірного розподілу припуску вздовж оброблюваної поверхні викликає значні коливання сили різання, досить часто є причиною втрати точності та якості обробленої поверхні. Для програмування верстатів з ЧПК застосовуються САМ системи, які надають можливість вибору стратегій обробки та режиму різання. Проте, вибір стратегії та значень складових режиму різання, в тому числі подачі на рядок проходу різального інструменту, призначається, виходячи із досвіду оператора-програміста, причому надається можливість призначення постійних величин на всьому шліху формоутворюючої траєкторії. При такому підході режим різання призначається за умови отримання необхідної якості при обробленні ділянок поверхні з найскладнішими умовами, що приводить до значної втрати продуктивності.

Підвищення продуктивності операції 3D фрезерування при виконанні умов за якістю, зокрема шорсткістю, можна досягнути за рахунок раціонального використання можливостей верстатів з ЧПК, тобто призначення змінного режиму різання з урахуванням особливостей процесу зрізування припуску для відповідних ділянок оброблюваної поверхні. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- розробити математичну модель процесу зрізування припуску з урахуванням геометричних особливостей, притаманних обробці 3D поверхонь;
- розробити алгоритм моделювання геометричної взаємодії інструменту і заготовки та методику визначення подачі на рядок для забезпечення постійної шорсткості поверхні при фрезеруванні;
- розробити прикладну програму автоматизованого програмування і перевірити її ефективність на практиці.

Вирішення поставлених задач проводилося для фрезерування фрезою зі сферичною інструментальною поверхнею протезу колінного суглоба людини (рис.1). Така поверхня є найбільш складною для виготовлення – належить до так званих поверхонь, що не розгортаються і охоплює всі можливі випадки. Фрезерування відбувається на верстаті з ЧПК за наступною схемою: заготовка 1 встановлюється в поворотний пристрій (координата A), що закріплений на столі вертикально-фрезерного верстата, який виконує рухи за координатами X і Z, а фреза 2 встановлюється у шпиндель. Таким чином, формоутворення виконується за координатами A і Z, а переміщення на наступний рядок – за координатою X.

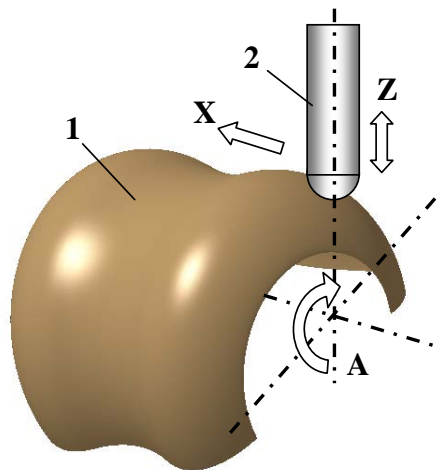


Рис.1. Схема формоутворення

Для визначення подачі на рядок, що забезпечуватиме необхідну шорсткість оброблення за схемою формоутворення була розроблена відповідна математична модель, яка увійшла до створеної прикладної програми автоматизованого програмування вертикально-фрезерного верстата з ЧПУ для виготовлення протезу колінного суглоба людини. Прикладна програма дозволяє за вихідним файлом цифрової моделі протезу, який звичайно представляється в Декартовій системі координат, спроектувати файл управління безпосередньо у G-кодах для фрезерування зі змінною величиною подачі на рядок для забезпечення рівномірної шорсткості за всією поверхнею.

За допомогою створеного програмного забезпечення були спроектовані управляючі програми у вигляді файлів у G-кодах, обробка протезів здійснювалась на вертикально-фрезерному верстаті моделі Schaublin 60 з застосуванням поворотного столу.

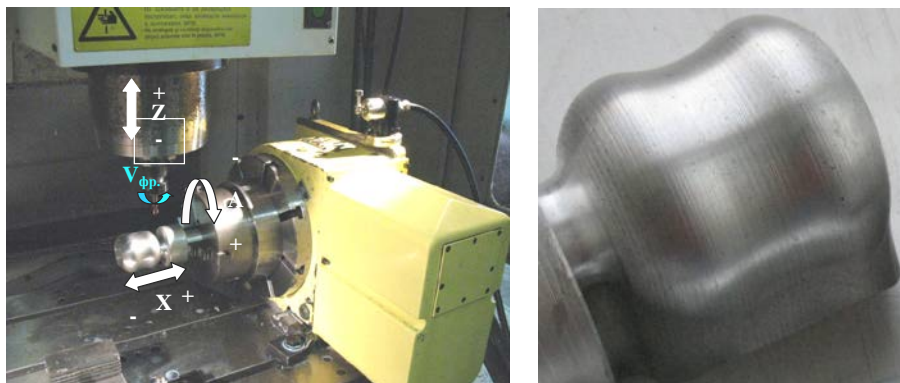


Рис.2. Робоча зона верстату і оброблена деталь

## ВИСНОВКИ

Проектування управляючої програми для фрезерування складних 3D поверхонь має урахувати математичну модель формоутворення, що забезпечує задані параметри шорсткості за всією поверхнею, яка обробляється. Проведена практична апробація підтвердила адекватність запропонованої методики і підвищення продуктивності оброблення.



## НАРОСТООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ КАК СЛЕДСТВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ В ОБРАБАТЫВАЕМОМ МАТЕРИАЛЕ ВТОРИЧНЫХ СТРУКТУР

Полтавец В.В., Шаповалова Н.Н.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Вследствие специфических физико-механических свойств титановые сплавы характеризуются низкой обрабатываемостью резанием. Эти сплавы отличает высокое соотношение предела текучести к пределу прочности, достигающее 0,85-0,95 (для сравнения, для большинства марок стали это соотношение составляет 0,65-0,75). В результате этого при механической обработке титановых сплавов необходимы более высокие удельные усилия, чем при обработке сталей. С учётом того факта, что титановые сплавы обладают меньшей тепло- и температуропроводностью, чем стали, их обработка резанием отличается ухудшенными условиями отвода тепла и значительно более интенсивным ростом температуры в зоне резания.

Указанные сложности реализации процесса резания титановых сплавов, имеющие место при их лезвийной обработке, ещё более усугубляются при алмазно-абразивной обработке. Здесь с первых секунд обработки наблюдается интенсивный перенос материала с обрабатываемой заготовки на инструмент (схватывание, наростообразование). При объяснении механизма этого явления наиболее часто обращают внимание на химические процессы и адгезионные явления, происходящие в зоне резания под воздействием высоких температур и непрерывного разрушения оксидной плёнки на заготовке.

По нашему мнению, соизмеримое или даже большее значение имеют фазово-структурные превращения в материале титановой заготовки в условиях её высокоскоростной деформации. При обработке двухфазных титановых сплавов в обрабатываемом материале формируются прямые волны пластической деформации, которые модулируют структуру материала, разбивая ее на периодические самосогласованные мезо-объёмы, и обратные волны, которые, проходя вдоль границ мезо-объёмов, создают ротационные (поворотные) моды пластической деформации. Эти ротации в условиях интенсивного тепловыделения приводят к периодическим локализованным адиабатическим сдвигам, прерыванию самосогласования мезо-объёмов, их отрыву и переносу.

Внутри мезо-объёмов развивается пластическая деформация по механизму фазового превращения, а вдоль их границ формируются высокопрочные вторичные структуры, образующие микроблоки, размер которых на порядок меньше размера мезо-объёмов. Эти микроблоки слабо связаны с основным материалом и легко отрываются, что приводит к выкрашиванию мезо-объёмов.

Таким образом, для уменьшения наростообразования и повышения стойкости шлифовального инструмента необходимо установить такие режимные параметры процесса обработки, при которых создаются условия для эффективного торможения или рассеивания волны деформации. В частности, необходимо управлять положением плоскости сдвига во время стружкообразования и передними углами режущих частей зёрен инструментального материала.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАВАРКИ Порошковой проволокой

Пресняков В.А., Безгин  
(ДДМА, г.Краматорск, Украина)

Электроконтактная наварка порошковой проволокой является одним из перспективных способов формирования на рабочих поверхностях деталей машин металлопокрытий со специальными эксплуатационными свойствами. По сравнению с широко применяющимися технологиями восстановления и поверхностного упрочнения деталей машин (дуговая наплавка, напыление, гальваническое осаждение) способ электроконтактной наварки проволокой имеет ряд преимуществ, которые позволяют осуществлять наращивание слоя металла различной толщины и твердости на детали различного диаметра при невысоких материальных затратах.

Порошковая проволока, состоящая из металлической оболочки и порошкового сердечника, приваривается на поверхность детали. Износостойкость наваренного слоя зависит от состава порошкового материала сердечника.

В зависимости от конфигурации наплавляемых деталей используются различные установки для электроконтактной наварки.

Установка УЭКНПП-01 собрана на базе токарно-винторезного станка модели 1А-616, чем достигается возможность наварки прокатных валков. Наварка осуществляется одновременно двумя присадочными проволоками, подаваемыми под верхний и нижний роликовые электроды, что значительно повышает производительность процесса. Разработанная конструкция механизма крепления клещевин обеспечивает возможность отдельной вертикальной регулировки положения каждого роликового электрода относительно оси центров установки. Это позволяет использовать верхний и нижний роликовые электроды различного диаметра, что позволяет осуществлять в случае необходимости проточку рабочей поверхности только одного, изношенного роликового электрода. Для регулировки режимов наварки установка оснащается регуляторами контактной сварки РЦС-403, РКС-801.

Концы присадочных проволок зажимаются между роликовыми электродами и деталью, образуя электрическую цепь вторичного контура сварочного трансформатора. При пропускании во вторичном контуре импульсов сварочного тока большой величины и малого напряжения происходит приварка оболочки порошковой проволоки к поверхности детали и спекание сердечника. Сплошной валик наваренного металла образуется при вращении детали с угловой скоростью так, чтобы единичные объемы наваренного металла перекрывали друг друга. Восстановление всей поверхности осуществляется наваркой по винтовой линии за счет продольной подачи роликовых электродов. Толщина слоя зависит от количества проходов. Подача в зону наварки охлаждающей воды приводит к закалке углеродистого наваренного металла и предотвращает перегрев всей детали.

Таким образом разработана установка для электроконтактной наварки порошковой проволокой деталей типа тел вращения на базе токарно – винторезного станка позволяющая производить восстановление и упрочнение износостойких поверхностей.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОПОК

Приходько О.В.<sup>1</sup>, Туманянс Г.Г.<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>ДГМА; <sup>2</sup>ЗАО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)

Одной из важнейших задач, решаемых в современных литейных цехах, является эффективное использование всех ресурсов при сохранении качества выпускаемой продукции. Неэффективное использование материалов приводит к повышению себестоимости продукции литейного цеха и снижению конкурентоспособности и падению прибыли предприятия в целом. По литературным данным, большинство литейных предприятий Украины и стран СНГ тратят в среднем в 3,6 раз больше песка на изготовление единицы продукции, чем европейские литейные предприятия.

Одним из путей снижения себестоимости выпускаемой продукции литейного цеха и повышения эффективности производства является уменьшение удельного расхода формовочных смесей путем рационального использования парка опоки. Размеры опоки для изготовления разовых песчаных форм, а так же количество и размещение отливок в опоке существенно влияют на расход формовочной смеси и качество изготавливаемых отливок. Завышенные габариты литейных форм значительно увеличивают расход формовочных материалов. Уменьшение размеров опоки при одном и том же количестве отливок в форме приводит к появлению различных дефектов. Каким-либо расчетом, основанным на теоретическом анализе, определить габариты опоки не представляется возможным, поэтому при решении этого вопроса часто руководствуются обобщенными практическими данными, стремясь к минимальному расходу формовочной смеси с учетом обеспечения достаточной общей и поверхностной прочности формы, что не всегда приводит к желаемым результатам.

Целью настоящей работы является разработка методики и создание алгоритма автоматизированного определения размеров литейных опоки для уменьшения расхода формовочной смеси.

Разработанные методика и алгоритм предусматривают комплексный подход при решении данной задачи. Определение количества отливок в форме и выбор габаритных размеров опоки в свету могут выполняться в двух вариантах:

- определение оптимальных размеров опоки при условии соблюдения норм на расстояния между кромками отливок, элементами литниковой системы и стенками опоки;

- в опоке заданных размеров определяется количество и оптимальное расположение отливок с учетом требований технологии при условии рационального использования площади опоки. В обоих случаях определяется удельный расход формовочной смеси на 1 т годных отливок.

Разработанные алгоритм и по данному алгоритму программа могут быть адаптированы к производственным условиям литейных цехов, а так же найти применение в учебных целях.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБКАТОЧНЫХ ВАЛКОВ ДЛЯ КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Равская Н.С.<sup>1</sup>, Липский Е.Р.<sup>2</sup>, Охрименко А.А.<sup>1</sup>.

(1- НТУУ «КПИ», г. Киев, 2- АО «Мотор Сич», г. Запорожье)

Этап технологической подготовки производства является определяющим при подготовке производства авиационных двигателей на АО «Мотор Сич». На предприятии накоплен огромный опыт создания и внедрения автоматизированных систем ТПП, обеспечивает решение широкого круга задач при создании и освоении авиадвигателей нового поколения.

Вместе с тем, что существующая на предприятии информационная система проектирования ТПП не решает все задачи ТПП АО «Мотор Сич», а также требует постоянного совершенствования и углубления на базе развития науки и техники.

В связи с этим работа по разработке информационной технологии проектирования и контроля прокатных секторов для изготовления лопаток газотурбинных двигателей является составной частью общей интегрированной системы технологической подготовки производства авиадвигателей.

Она предназначена для проектирования рабочей поверхности прокатных секторов для изготовления лопаток газотурбинных двигателей, а также для контроля при их изготовлении.

Целью создания этой системы является обеспечение качества проектирования и изготовления рабочей поверхности прокатных секторов для калибровки лопаток газотурбинных двигателей и создание программного обеспечения для расчета геометрических параметров их рабочей части и построения электронного эталона такой поверхности.

В данной работе разработано математическое обеспечение, для создания автоматизированной системы проектирования и контроля прокатных секторов для изготовления лопаток газотурбинных двигателей. На базе разработанного математического обеспечения разработана информационная система проектирования и контроля прокатных секторов для изготовления лопаток газотурбинных двигателей. Разработанная информационная система реализована в виде программного обеспечения для системы *CAD/CAM/CAE Unigraphics*, что позволяет автоматизировать процесс проектирования и контроля прокатных секторов для изготовления лопаток газотурбинных двигателей.

## **ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АППАРАТ В ОБЛАСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА**

Раджаб Заде Мортеза, Залога В.А. Ивченко А.В.  
(СумГУ, г. Сумы, Украина)

В настоящее время многие отечественные организации, вступившие на путь освоения международных стандартов по системам менеджмента, столкнулись в процессе интеграции различных систем менеджмента с проблемой, связанной с пониманием концепции и терминологии в данной сфере.

Целью работы является разработка терминологического аппарата в области интегрированных систем менеджмента (ИСМ) на основе исследования терминологии в сфере интеграции.

Было установлено, что разные авторы, как правило, используют в области ИСМ различный терминологический аппарат (например, «интеграционный менеджмент», «интегрированный менеджмент», «интеграция», «интегрирующий момент»), что приводит к сложности понимания - самого процесса интеграции систем менеджмента в организациях. На наш взгляд в области систем менеджмента наиболее приемлемо использование универсального понятия «интеграция», т.е. объединение в единое целое отдельных дифференцированных частей в сферах математики, экономики, языковедения, науки, человеческого отношения и психологии для получения максимального эффекта.

В работе, на основании исследования понятийного аппарата, обосновано использование терминологического аппарата в области интегрированных систем менеджмента. Предложено определение таких понятий как: «интеграция систем менеджмента», «интегрированная система менеджмента», «соответствие». Разработаны структурно-логические связи между понятиями, относящимися к интегрированным системам менеджмента, которые основываются на иерархических отношениях между родовыми признаками, при этом наиболее экономное описание понятия формируется путем наименования его рода и описания признаков, отличающих его от родительских или родственных понятий.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА ЗА СЧЕТ НАПРАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРО-ЭРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ СВЯЗКИ ИНСТРУМЕНТА

Ревенко Д. В.  
(СевНТУ, г. Севастополь, Украина)

При финишной обработке ряда материалов применяются комбинированные методы шлифования, при которых съем материала, осуществляется за счет комбинации процессов резания и эрозионного удаления материала. Наиболее слабым звеном такой системы является шлифовальный круг. Для стабилизации процесса необходимо поддерживать поверхность инструмента в требуемом состоянии для чего требуются математические модели, позволяющие автоматизировать процесс финишной обработки и оптимизировать его по требуемому критерию.

Одним из распространенных методов финишной обработки является алмазно-искровое шлифование, при котором поддерживается требуемое состояние инструмента за счет направленного разрушения его связки.

Удаление материала в результате работы эрозии является случайным процессом, охарактеризовать который можно полнотой удаления материала связки инструмента.

Вероятность эрозионного разрушения связки определим, как вероятность того, что случайная величина  $l_{эп}$  окажется меньше половины ширины двух соседних лунок  $b_{эп}(q)$  на уровне  $q$

$$P_{св}(q) = P(0 < l_{эп} \leq b_{эп}(q)) = \int_0^{b_{эп}(q)} f(l_{эп}) \cdot dl_{эп}$$

Определим плотность распределения  $f(l_{эп})$ , характеризуя появление событий  $l_{эп}$  как простейший поток с показательным законом распределения плотности вероятности

$$f(l_{эп}) = \lambda e^{-\lambda l_{эп}}.$$

Тогда выражение для расчета вероятности удаления связки запишется в виде:

$$P_{св}(q) = \int_0^{b_{эп}(q)} \lambda_{л.св} e^{-\lambda_{св} l_{эп}} dl_{эп} = 1 - e^{-\lambda_{св} b(q)} = 1 - e^{-\Delta a_{св}(q, n_k)},$$

где  $l_{л.св}$  - среднее количество лунок на единицу поверхности связки;

$$\Delta a_{св}(q, n_k) = \Delta \lambda_{л.св} b_{эп}(q).$$

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТЕКЛА НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ДЕФЕКТАМИ

Родичев Ю.М.<sup>1</sup>, Сорока Е.Б.<sup>1</sup>, Веер Ф.<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>ИПП им. Г.С.Писаренко НАНУ, г. Киев, Украина,  
<sup>2</sup>Дельфтский технический университет, г. Дельфт, Нидерланды)

Показатели прочности конструкционных элементов из стекла характеризуются большим разбросом и сложными кривыми статистического распределения из-за нестабильности формы и глубины критических дефектов, что определяется несовершенством технологических процессов и отсутствием надлежащих методов контроля при производстве стекла. Проведена экспериментальная оценка характеристик прочности при чистом изгибе листового флоат стекла с учетом влияния технологии резки и шлифовки, технологических дефектов нарушенного трещиноватого слоя. На основе анализа статистических характеристик распределения результатов испытаний предложен подход к оптимизации технологии обработки элементов из стекла по критериям прочности и трещиностойкости.

Обоснована применимость монолинейного распределения Вейбулла для статистической оценки прочности стекла, обработанного по технологии, обеспечивающей однородность технологических дефектов поверхности. В то же время показано, что при рассмотренном промышленном способе обработки элементов из стекла последовательное применение различных технологических операций без контроля дефектности на каждом из технологических этапов приводит к мультимодальному характеру распределения значений предела прочности, что, в конечном итоге, является причиной значительной неопределенности при оценке несущей способности конструкции из стекла. Наибольшая неопределенность связана с определением нижней границы прочности, что обусловлено значительным отклонением результатов испытаний в нижней части экспериментальной кривой от монолинейной моды распределения. Поэтому проблема оценки нижней границы предела прочности и определения допускаемых напряжений при создании несущих элементов конструкций из стекла является чрезвычайно сложной. Получено, что грубые дефекты поверхности на предварительной стадии обработки, не выявленные из-за отсутствия постадийного производственного контроля и не устраненные на последующих этапах обработки, приводят к снижению прочности конструкции и снижают эффективность использования стекла как конструкционного материала.

Результаты проведенных исследований и их анализ позволили сделать выводы о необходимости входного контроля стекла с использованием методов механических испытаний и предложенной методики фрактографического анализа для оценки уровня и характера начальной дефектности, в том числе грубых дефектов и параметров нарушенного трещиноватого слоя; контроля на каждом этапе обработки с целью выявления наиболее крупных технологических дефектов и коррекции последующих технологических операций для устранения этих дефектов; внедрения в производство методов контроля дефектности стеклоизделий и оптимизации всей цепочки технологического процесса изготовления стекла с целью обеспечения конструкционной прочности ответственных элементов из стекла.

## **ОБОБЩЕННАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЕЧАЙКИ БАРАБАНА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ**

Рутковский М.А.

(ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

**Цель работы.** Разработка метода построения обобщенной параметрической модели обечайки барабана шахтной подъемной машины на основе его представления как системы с сосредоточенными и распределенными по пространству параметрами.

**Методика исследований.** Разработанный метод предусматривает, что для описания объекта применяется упрощенная модель, в которой используются коэффициенты, определенные опытным путем и подобранные таким образом, чтобы расчетные и экспериментальные данные хорошо согласовывались.

**Результат.** В результате разработан полуэмпирический метод, который состоит в том, что для расчета изгиба профилированной обечайки барабана шахтной подъемной машины используется аналитическая модель осесимметричной оболочки с эквивалентными механическими характеристиками включающими коэффициенты согласования с эмпирическими данными.

**Научная новизна.** Определение зависимости усредненной изгибной жесткости от геометрических параметров обечайки с учетом коэффициента уменьшения жесткости.

**Практическое значение.** Разработанный метод позволит обоснованно подойти к выбору параметров барабанов шахтных подъемных машин, а его применение в проектировании позволит создать конкурентоспособные на мировом рынке подъемные установки, отличающиеся уменьшенной массой, повышенной прочностью и долговечностью. В сравнении с применяемыми ранее данный метод позволит в несколько раз сократить трудоемкость прочностных расчетов цилиндрических барабанов подъемных машин.



# **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОГО ТОЧЕНИЯ И ЕГО АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗА СЧЕТ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Савелов Д.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При современном уровне техники применение систем адаптивного управления является не только целесообразным, но и необходимым, так как позволяет снизить себестоимость изготовления и упростить конструкцию несущей системы станка за счёт компенсации деформаций при работе, а также значительно снизить длительность обработки деталей на станке с обеспечением требуемых точностных и эксплуатационных параметров.

Целью данной работы является повышение продуктивности и точности обработки на тяжелом токарном станке.

Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать существующие методы управления процессом тяжелого точения.
2. Проанализировать существующие методы и системы адаптивного управления станками.
3. Разработать законы оптимального управления по температуре и силе резания для реализации на программируемом логическом контролере системы ЧПУ.
4. Разработать аппаратную структуру системы адаптивного управления тяжелым токарным станком и исследовать её динамические характеристики.

В результате работы были проанализированы существующие методы и системы адаптивного управления станками. Разработаны законы оптимального управления по температуре и силе резания для реализации на программируемом логическом контролере системы ЧПУ. Разработана аппаратная структура системы адаптивного управления тяжелым токарным станком и исследовать её динамические характеристики.

Создана система адаптивного управления тяжелым станком, а также разработаны законы управления тяжелым токарным станком, которые реализованы путем применения современной системы ЧПУ оснащенной PLC модулями.

В том числе разработана структурная схема управления тяжелым токарным станком по силе и температуре резания и исследованы ее динамические характеристики.

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОЗБРОЄННЯ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Сагайда П.І.

(ДГМА, г. Краматорск, Україна)

На даний час на машинобудівних підприємствах України здійснюється процес інноваційного відновлення виробничого встаткування. При цьому використовуються істотні кредитні й інвестиційні ресурси, проводяться закупівлі верстатів і оснащення, виконується модернізація основних фондів. Вибір найбільш вигідних і ефективних заходів щодо переоснащення й переозброєння для конкретного підприємства є складним і відповідальним завданням, тому підтримка прийняття рішень у таких умовах, виконувана за рахунок розробки й впровадження відповідних інформаційних технологій, забезпечує великий психологічний і економічний ефект.

Технічне переозброєння та переоснащення на великих машинобудівних підприємствах вимагає з боку головних фахівців, менеджерів, власників постійного й багаторазового прийняття різних рішень. Рішення ці, зазвичай пов'язані з великим фінансовим і виробничим ризиком, повинні бути продумані й обґрунтовані. Зростає роль необхідного інформаційного забезпечення такого процесу, формуються й активно працюють на підприємствах експертні групи для виробки пропозицій для осіб, що приймають рішення (ОПР). В умовах інтенсивної роботи цих груп найбільшу роль грає автоматизація збору й обробки даних для оцінюванню альтернатив. Одержання синергетичного ефекту від спільного використання інтелектуального потенціалу експертних груп істотно залежить від якості обробки одержуваних від експертів даних.

Обробка експертних оцінок є областю науки й практики, що динамічно розвивається, у якій активно використовуються досягнення інформаційних технологій і методи штучного інтелекту. Разом з тим дотепер в області підтримки прийняття рішень не розроблені надійні методики згортки приватних оцінок альтернатив, що враховують суб'єктивну й нечітку природу переваг експертів і застосовуваних для їх вираження шкал.

Для вирішення цієї проблеми розроблена інформаційна технологія обробки даних, що дозволяє поліпшити якість інформаційного забезпечення, надаваного ОПР, для підтримки прийняття рішень з технічного переозброєння. У рамках цієї технології процес знаходження результуючої оцінки реалізований як згортка приватних оцінок із застосуванням математичного апарата нечітких множин і нечіткого інтеграла. При цьому згортці піддаються приватні оцінки альтернатив, отримані за різними критеріями порівняння й від різних експертів, шляхом побудови й використання нечітких мір при обробці експертних оцінок.

Розроблена інформаційна технологія, за умов прийняття рішень з її використанням, забезпечує підвищення віддачі від засобів, затрачуваних на машинобудівному підприємстві на реконструкцію, придбання й модернізацію основних фондів.

# **РАЗРАБОТКА ТЯЖЕЛОГО МНОГООПЕРАЦИОННОГО ТОКАРНОГО СТАНКА С ИССЛЕДОВАНИЕМ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

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

Целью работы является повышение точности и производства тяжелых станков на основе совмещенных технологических операций и адаптивного управления процессом их работы.

Многоцелевые станки отличаются особо высокой концентрацией обработки. На них производят черновую, получистовую и чистовую обработку сложных заготовок, содержащих различные обрабатываемые поверхности, выполняют самые разнообразные технологические переходы. Во многих случаях многоцелевые станки обеспечивают высокоэффективную полную обработку деталей без переустановки и перебазирования.

Эффективность современных многоцелевых станков в сравнении с одноцелевыми станками достигается не только за счет сокращения времени транспортирования деталей и уменьшения подготовительно-заключительного времени, но и за счет возможности обеспечения высокоскоростной обработки заготовок, как из черных, так и из цветных металлов.

Широкое внедрение станков с программным управлением и необходимость получения максимально возможного эффекта от их использования, делает вопрос адаптивного управления достаточно актуальным. Применение адаптивных систем на станках с ЧПУ и многооперационных станках позволяет создавать самонастраивающиеся технологические системы, обеспечивающие достижение требуемой точности и заданной производительности при обработке каждой новой детали.

Проанализированы существующие конструкции многоцелевых станков. На тяжелых станках объединение операций только начинает применяться. Существующие методы адаптивного управления требуют дальнейшего развития для тяжелых многооперационных станков с компенсацией основных возмущающих факторов. Разработаны методы и структурные схемы адаптивного управления точностью тяжелого многоцелевого станка. Для обеспечения точности и производительности тяжелых деталей вместе с координатными перемещениями исполнительных органов необходима компенсация возмущающих воздействий на технологическую систему от изменения сил резания, упругих и температурных деформаций.

Разработан тяжелый многооперационный станок на базе токарного с грузоподъемностью 25 тонн для выполнения следующих операций: точение, сверление, фрезерование, растачивание, шлифование, полирование. Для этого станка разработана конструкция фрезерно-сверлильной головки, с магазином на 8 инструментов. Также для многоцелевого станка спроектирована автоматическая система замены обрабатываемых модулей.

## МОТИВАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ СТИМУЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ

Симоненко Т.Г.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Поняття мотивації тісно зв'язано з проблемою управління персоналом, а особисто з машинобудівними підприємствами. Нові економічні відносини, породжені переходом України до ринку, висувають і нові вимоги до персоналу. Це не тільки підбір, навчання і влаштування кадрів, але і формування нової свідомості, менталітету, а отже, і методів мотивації.

Необхідною умовою існування й розвитку суспільства є праця, як доцільна діяльність людей, що спрямована на задоволення їхніх життєвих потреб. Однією з складових праці є її мотивування на рівні учасників трудових відносин. Система мотивації характеризує сукупність взаємопов'язаних заходів, які стимулюють окремого працівника або трудовий колектив у цілому щодо досягнення індивідуальних і спільних цілей діяльності підприємства.

Питання мотиваційної діяльності на підприємствах розглядали у своїх роботах такі вчені-економісти: Г. Емерсон, Е. Мейо, А. Сміт, Ф. Тейлор; всесвітньо відомі автори теорій мотивації – К. Альдерфер, В. Врум, Ф. Герцберг, Д. Мак-Грегор, Д. Мак-Клелланд, А. Маслоу.

Проблеми підвищення ефективності праці засобами мотивації персоналу знайшли відображення в дослідженнях зарубіжних та вітчизняних вчених: Д.П. Богині, М.О. Волгіна, В.М. Гриньової, М.С. Дороніної, О.Л. Єськова, О.Л. Жукова, А.М. Колота, О.М. Красноносової, В.Д. Лагутіна, Н.Д. Лук'янченко, Л.А. Лутай, Г.В. Назарової, В.С. Пономаренко, М.В. Семикіної, О.М. Ястремської та ін. У роботах цих вчених розглянуто теоретичні та практичні аспекти мотиваційних процесів в економічній системі.

Таким чином, зусилля науковців і практиків повинні бути спрямовані на створення ефективного механізму регулювання оплати праці на всіх рівнях управління, а саме на рівні промислового, машинобудівного підприємства. Заробітна плата повинна стати основним стимулом для підвищення продуктивності праці і на цій основі – ефективності виробництва. У зв'язку з цим актуальним є дослідження питань підвищення ефективності праці, відповідно до вимог виробництва з урахуванням індивідуальних здібностей та інтересів працівника, засобами матеріальної мотивації персоналу.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Смирнова М.А., Варчук А.Н.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Обеспечение безаварийного функционирования современных электромеханических систем, как в энергетике, так и в машиностроении является важнейшей проблемой их эксплуатации, что особенно актуально для силового оборудования с резкопеременными случайными нагрузками в установившихся и переходных режимах. В эксплуатации современных электромеханических систем все большее распространение получают быстродействующие микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), реагирующие на мгновенные значения величин. В связи с этим весьма актуальным является повышение эффективности средств РЗА на основе совершенствования методик их расчета.

Целью работы является повышение надежности работы электромеханических систем за счет усовершенствования средств РЗА путем уточнения параметров их срабатывания и схем выполнения на основании результатов математического моделирования.

В настоящей работе используются методы математического моделирования электромеханических переходных процессов технических систем, позволяющие расчетным путем определять необходимые параметры их эксплуатации. Анализ результатов математического моделирования показал, что при оценке поведения устройств РЗА целесообразно использовать математические модели, основанные на полных дифференциальных уравнениях, позволяющие наиболее адекватно отражать поведение элементов электрической системы в переходных режимах.

На основании разработанных математических моделей электромеханических систем устройства релейной защиты рассчитываются путем анализа фазных токов и напряжений, их мгновенных значений, гармонического состава и симметричных составляющих. Для определения мгновенных значений симметричных составляющих предложено использовать разложение в ряд Фурье фазных токов (напряжений) для каждой из гармоник с последующим нахождением симметричных составляющих. Полученные данные могут быть использованы для анализа работы и выбора уставок фильтровых устройств релейной защиты генераторов и автотрансформаторов электростанций. Практический интерес представляет дальнейшее совершенствование методики в направлении расширения области ее применения для различных электромеханических систем.

Предложенная методика позволяет обеспечивать повышение эффективности средств РЗА в современных электромеханических системах на основе совершенствования схемы выполнения фильтровых устройств РЗА и может найти широкое применение, как в энергетике, так и в различных областях машиностроения.

## **СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Сторчак М.Г. (Институт станков Уни-Штутгарт, г. Штутгарт, Германия), Залога О.А. (СумДУ, г. Сумы, Украина), Мурат Осак, (Институт станков Уни-Штутгарт, г. Штутгарт, Германия)

На сегодняшний день, в условиях стремительного развития металлообрабатывающей отрасли, когда каждый день появляются новые инструменты, станки, инструментальные и обрабатываемые материалы, есть острая потребность в прогнозировании интенсивности изнашивания режущего инструмента. Все существующие на сегодняшний день методики прогнозирования требуют больших затрат времени и материалов, что в условиях постоянной конкурентной борьбы не продуктивно в условиях производства. Широко известен тот факт, работоспособность инструмента определяется сопротивляемостью его поверхностей изнашиванию и разрушению, которое происходит вследствие контакта с обрабатываемым материалом. Изнашивание контактных площадок осуществляется непрерывно и обусловлено проявлением нескольких, параллельно протекающих, механизмов износа – абразивным, адгезионно-усталостным, химико-окислительным и диффузионным. В зависимости от условий резания и характера контактного взаимодействия (непрерывный, прерывистый, нестационарный) может превалировать один из указанных механизмов, который и будет определять работоспособность инструмента. Учитывая все данные аспекты, нами была предложена методика определения интенсивности изнашивания инструмента, которую возможно использовать в реальных условиях обработки и производства.

Данная методика подразумевает проведение анализа режущей части инструмента с использованием электронного микроскопа, интерферометра, а также динамометра для определения изменения сил в процессе обработки. Данная методика подразумевает проведение натурного эксперимента по резанию. В результате проведенных экспериментов и их анализа, можно сказать, что разработанная методика позволяет получить зависимости радиуса округления режущей кромки и величины площадки износа на задней поверхности от времени работы инструмента, а также кривую изменения радиуса округления режущей кромки с увеличением площадки износа лезвия инструмента на задней поверхности.

# СИСТЕМА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СВЕРЛИЛЬНЫМ СТАНКОМ

Субботин О.В., Ставицкий В.О.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Конструктивные особенности сверлильных станков позволяют использовать привода главного движения и подачи сверла в качестве независимых координат управления технологическим процессом сверления. Задание оптимальных, с точки зрения вида обрабатываемого материала, режимов работы исполнительных механизмов станка сокращает время сверления и обеспечивает заданное качество обработанной поверхности детали.

Цель работы – разработка двухкоординатной системы задания технологических режимов работы сверлильного станка на основе принципа управления по отклонению. В основу разработки ее функциональной структуры (рис. 1) так же положено: программное задание технологических параметров процессов сверления; покоординатное управление исполнительными механизмами; управление с обратной связью по скорости вращения привода главного движения; управление с обратной связью по положению механизма подачи сверла.

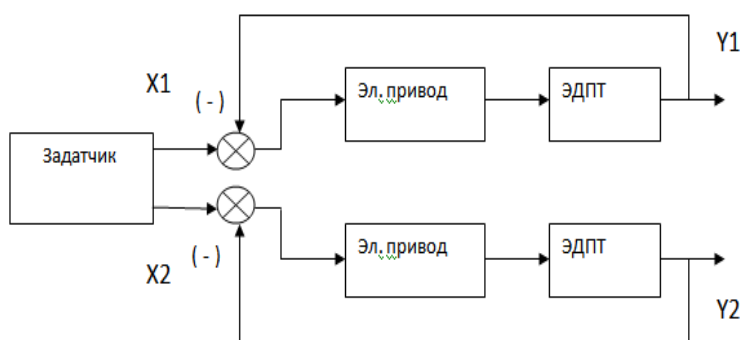


Рис. 1 – Функциональная схема системы программного управления сверлильным станком

На рис. 1 приняты условные обозначения: ЭДПТ – электродвигатель постоянного тока, Y1 – скорость вращения сверла, Y2 – подача сверла.

В результате исследований системы в среде MATLAB установлена ее устойчивость, переходной процесс отработки входного воздействия по виду является экспоненциальным. Отсутствие перерегулирования выходного сигнала исключает возможность получения брака обработанной поверхности детали. В целом предложенные каналы для задания режимов работы исполнительных механизмов сверлильного станка удовлетворяют требованиям по быстродействию преобразования и качеству отработки входного воздействия.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯЖЕЛОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сукова Т.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Изготовление крупногабаритных деталей осуществляется за счет комплекса высокоточного современного оборудования: токарные, токарно-карусельные, фрезерно-расточные и другие станки и оборудование. Широкое применение станков с ЧПУ позволяет значительно сократить время на подготовку производства, уменьшить затраты на режущий инструмент, и, как следствие, достичь снижения стоимости продукции и сроков производства. Кроме того, используемое оборудование обеспечивает изготовление крупногабаритных деталей высокой точности.

Целью работы является установление параметров станков на основании анализа особенностей деталей современных машин, применения прогрессивных инструментов и оптимизации режимов резания.

Повышение эффективности тяжелого металлорежущего оборудования происходит в несколько этапов. Сначала проводится анализ условий обработки крупногабаритных деталей на предприятиях тяжелого машиностроения. Рассмотрены технологические возможности станков с ЧПУ. Выявлено несоответствие между технологическими возможностями станков с ЧПУ и производственными условиями их эксплуатации, что существенно снижает эффективность эксплуатации оборудования в производстве. Проводится анализ методов определения рациональных конструктивных параметров тяжелого металлорежущего оборудования. А так же рассматриваются возможные методы оптимизации процессов обработки на тяжелых токарных станках. Проводится исследование и моделирование работы тяжелого металлорежущего оборудования. Для этого, в результате исследований, создан банк данных, который включает сведения о деталях и технологических операциях: диаметр, длину и вес детали, материал детали, наличие отверстия, наивысшую точность и чистоту обработки, использование задней бабки при установке детали, перечень технологических операций с выделением операций, требующих дополнительной технологической оснастки, а также сведения о режиме резания: глубину резания, подачу, обороты шпинделя, скорость резания, усилие резания, крутящий момент, мощность резания, материал режущей части инструмента.

Рассмотрена методика анализа конструктивных параметров металлорежущего оборудования и возможная оптимизация режимов резания и конструктивных параметров оборудования и режущих инструментов. Исследованы влияние конструктивных параметров металлорежущего оборудования на точность, качество и продуктивность обработки.



## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА АНАЛОГОВ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В АРХИВАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Тарасов А.Ф., Тарасов С.А., Богдан М.П.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время проектирование конструкций осуществляется на основе использования CAD/CAE/CAM/PDM систем, которые позволяют в целом реализовать безбумажную технологию «от идеи - до производства».

Хранение информации о проектах осуществляется в электронных архивах предприятия. Накопленные конструктивные решения являются основой для будущих проектов, позволяют существенно снизить трудоёмкость проектирования и технологической подготовки производства. Поэтому автоматизация поиска аналогов является актуальной и экономически выгодной технологией и требует соответствующих технических решений.

Предложен метод поиска аналогов конструкций на основе онтологического подхода. Средствами внешнего программного обеспечения, интегрированного с САД-системой производится разбор спроектированной конструкции и формирование метаописания структуры в специальном формате, доступном для восприятия и человеком и ЭВМ. В таком виде информация о проекте хранится в архиве. Поиск осуществляется по текстовому заданию, которое составляет пользователь на основе понятий онтологии САД-системы с использованием специализированного программного обеспечения.

При этом нет необходимости использовать САД-системы для визуального просмотра проектов. Кроме того, при таком подходе исключается прямой доступ пользователей к хранилищу накопленных данных, что обеспечивает защиту информации.

Разработан программный комплекс для автоматизированного поиска аналогов.

На основе реализованного ПК для поиска аналогов конструкций в хранилищах САД-проектов машиностроительных предприятий составлены и проверены типовые запросы на языке SPARQL. Рассмотрены метаописания ряда изделий различной сложности.

Предложенная информационная технология и методика поиска на основе онтологического подхода может эффективно применяться при проектировании изделий машиностроения. Анализ результатов поиска по типу детали и видам связи показал, что они полностью релевантны запросу в силу строгой формализации метаинформации о проекте изделия, выполненного в САД – системе.

Разработана структура метаинформации о САД-проектах различных изделий, обеспечивающая автоматизацию поиска аналогов изделий в хранилищах САД-проектов машиностроительного предприятия.

Разработаны фрагменты онтологий: общей онтологии геометрических элементов, прикладных онтологий машиностроительных изделий и САД-системы SolidWorks.

## **НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАКАЛЕННЫХ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Тимофеев Ю.В., Волошин А.И., Мироненко Е.В., Ключко А.А., Кравцов А.Н.  
НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина, ПАО «НКМЗ», г.Краматорск, Украина,  
ДГМА, г. Краматорск, Украина, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого  
президента России Б.Н.Ельцина», г.Екатеринбург, Россия

Рассмотрены научные направления технологического обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес с обеспечением системы параметров поверхностного слоя и технологическим обеспечением непосредственно эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес.

Важными характеристиками контакта зубчатых колес являются способность удерживать или пропускать через зону контактного взаимодействия жидкость. При внедрении в поверхность более твердой шероховатой поверхности происходит вытеснение металла и этим уменьшается пропускная способность рабочей жидкости в качестве создания масляной подушки, особенно это важно в зоне делительного диаметра, где трение качение переходит в трение скольжения, чем интенсивнее происходит износ рабочих эвольвентных поверхностей зубчатых колес.

Проведенный анализ показывает, что моделирование рельефа поверхности на базе традиционных параметров качества поверхностного слоя позволяет получить зависимости, отражающие свойства контакта зубчатых колес. Предлагается учитывать при прогнозировании закономерностей формирования параметров состояния поверхностного слоя тяжело нагруженных крупномодульных закаленных зубчатых колес структурно-энергетическое состояние материала (величину накопленной внутренней и упругой энергии, коэффициент напряжения межатомных связей, величину истинного предела текучести).

На контактное взаимодействие оказывает влияние: эксплуатационные свойства зубчатых колес, характер изменений геометрических параметров и физико-механических свойств, исходные параметры качества поверхностного слоя контактирующих поверхностей. Все составляющие формируются в ходе технологического процесса изготовления деталей, финишными процессами которого, как правило, являются методы механической обработки. Их выбор в процессе решения задач технологического обеспечения наиболее эффективно осуществлять на базе параметрического подхода к оценке состояния поверхности. При изучении процесса формирования поверхностного слоя при различных методах механической обработки зубчатых колес установлено, что при одних и тех же параметрах, которые обеспечивались в ходе обработки различными методами в узлах тяжелых редукторов, зубчатые колеса имели разные эксплуатационные характеристики.

На базе принятой системы параметров предложены комплексные параметры, характеризующие несущую способность и равновесное состояние поверхностей при трении и износе для непосредственного обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес.

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

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

Целью работы является повышение эффективности резцов тяжелых токарных станков.

Исследования и анализ эксплуатации инструмента в производственных условиях проводились на предприятиях тяжелого машиностроения: ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод», ПАО «Краматорский завод тяжелого станкостроения», Краснолиманских локомотивном и вагонном депо при обработке крупногабаритных деталей типа тел вращения. Основная часть исследований проводилась в механических цехах №3, 5 ПАО НКМЗ на станках производства ОАО КЗТС мод. 1К670Ф3, 1К675Ф3, КЖ16274Ф3 и КЖ16275Ф3 при обработке продукции валкового производства. Указанное оборудование имеет наибольший размер обрабатываемой поверхности над суппортом от 1300 до 2000 мм, при наибольшей длине детали в центрах до 18000 мм.

Задача определения рациональных условий эксплуатации инструмента решается с учетом всех технологических и технико-экономических факторов. Для определения точки компромисса оптимальным показателем, с точки зрения производителя, является производительность обработки. Вместе с тем, очевидно то, что на практике выбор параметров инструмента и режимов резания зависит от конкретной производственной ситуации и смещается в сторону уменьшения приведенных затрат.

Из переменных параметров наиболее изменяется подача  $s$ , мм/об в сторону уменьшения и постепенно возрастает скорость резания  $V$ , м/мин. Уменьшение подачи и увеличение скорости резания в одной мере влияет на основное и штучное время, снижая затраты. Режимы резания влияют двояко на состояние процесса механической обработки. С увеличением подачи возрастает вероятность разрушения режущего инструмента, увеличивается коэффициент вариации стойкости инструмента. Увеличение скорости резания снижает стоимость, однако позитивно влияет на коэффициент вариации стойкости.

## **ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ ДВУХСЛОЙНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ В СЛОЯХ**

Фесенко А. Н., Фесенко М.А., Дегтярев С.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из направлений экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов, снижения себестоимости выпускаемой продукции при сохранении высоких эксплуатационных показателей, надежности и долговечности оборудования, машин и механизмов является применение вместо монометаллических биметаллических и многослойных изделий с дифференцированной структурой и свойствами в отдельных частях, зонах или слоях. Одним из эффективных и экономичных способов получения таких деталей и заготовок, в первую очередь имеющих форму тел вращения, является центробежное литье.

Недостатком большинства известных способов получения биметаллических и многослойных изделий из жидких сплавов при их последовательной заливке в литейную форму или изложницу является использование двух или более плавильных агрегатов для выплавки разнородных сплавов или же выплавка базового сплава, с последующей дополнительной предварительной обработкой части расплава в миксере, в ковше, на желобе, в струе и т. д. перед заливкой в форму, что усложняет и удорожает процесс изготовления отливки и требует четкой синхронизации всех технологических операций.

На кафедре технологии и оборудования литейного производства ДГМА совместно с сотрудниками кафедры литейного производства НТУУ КПИ предложено ряд способов получения отливок с дифференцированной структурой и свойствами из одного базового расплава при использовании технологии внутриформенного модифицирования. Данные способы или их разновидности могут быть использованы и при получении отливок с дифференцированными структурой и свойствами методом центробежного литья. При этом для получения дифференцированных свойств металла в разных слоях в процессе заливки базового расплава во вращающуюся изложницу центробежной машины предусмотрена его предварительная модифицирующая обработка, которая происходит в заливочно-модифицирующем устройстве, расположенном над заливочной чашей центробежной машины и представляющем разовую или полупостоянную литейную форму с автономными литниковыми системами, позволяющими проводить внутриформенную обработку расплава при заливке.

Исследованиями на изготовленной экспериментальной установке центробежного литья с использованием легкоплавких модельных материалов парафина и стеарина подтверждена возможность получения двухслойных отливок по предложенному способу.

При этом установлено, что для получения двухслойных центробежно-литых отливок необходимо обеспечить оптимальную выдержку между этапами заливки различных слоев. Отсутствие выдержки между этапами заливки приводит к перемешиванию металла слоев, что не обеспечивает дифференциации свойств в отливках. Длительность выдержки между заливками больше оптимальной приводит к уменьшению связи между слоями и к расслоению двухслойных отливок.

Данные физического моделирования подтверждены при изготовлении экспериментальных отливок – полых втулок наружным диаметром 100 мм и длиной 250 мм из чугуна. С учетом результатов исследований из исходного серого и белого чугунов были получены двухслойные отливки с наружным слоем из белого чугуна с перлитно-цементитной структурой и внутренним слоем из высокопрочного чугуна с шаровидным или вермикулярным графитом с перлитно-ферритной металлической матрицей.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ВНУТРИФОРМЕННОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЧУГУНА В ОТЛИВКАХ

Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Чугаев Д.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При изготовлении качественных отливок из чугуна с повышенными механическими и эксплуатационными свойствами универсальным, относительно дешёвым, технологически гибким и высокоэффективным методом управления структурой кристаллизующегося сплава является модифицирование расплава. Из всего многообразия известных методов модифицирующей обработки расплава наиболее простым, эффективным, экономичным и экологичным является внутриформенное модифицирование (INMOLD-процесс).

Известно, что дополнительным резервом улучшения структуры чугунных отливок и обеспечения им более высоких показателей механических и эксплуатационных свойств является использование комплексного (двойного) или так называемого «встречного» модифицирования расплава. При этом наибольший интерес представляет двойное сфероидизирующее и карбидостабилизирующее модифицирование чугуна в литейной форме.

В работе проведены исследования по влиянию на структуру и свойства металла в отливках процессов внутриформенной обработки базовых расплавов серого и белого чугунов отдельно сфероидизирующим (VL63(M)) и карбидостабилизирующими (ФХ200, ФМн78 или Ви1) добавками, а также двойной внутриформенной обработки («встречного» модифицирования) совместно сфероидизирующей VL63(M) и одной из карбидостабилизирующих (ФХ200, ФМн78 или Ви1) добавок при различной последовательности их ввода в расплав.

Как показали проведенные исследования при изготовлении экспериментальных отливок из серого чугуна с пластинчатым графитом модифицирование базового расплава внутри литейной формы сфероидизирующим (VL63(M)) и карбидостабилизирующими (ФХ200, ФМн78 и Ви1) модификаторами по различным технологическим вариантам позволяет получить широкий спектр структур и свойств чугуна в отливках. Установлено, что наиболее эффективным способом улучшения структуры и повышения твердости и абразивной износостойкости серого чугуна в отливках является двойное внутриформенное модифицирование расплава, причем более эффективное - сначала в первой проточной реакционной камере литниковой системы карбидостабилизирующей добавкой, а затем сфероидизирующим модификатором, размещенным во второй по ходу движения расплава к отливке реакционной камере. Так, при встречной внутриформенной обработке расплава базового серого чугуна сначала ФХ200, а затем VL63(M) твердость чугуна повысилась с 210-240 НВ для исходного чугуна до 410-430 НВ для чугуна после модифицирования; абразивный износ уменьшился при этом более, чем в 10 раз и эти показатели находятся на уровне показателей для белого чугуна.

При изготовлении экспериментальных отливок из белого чугуна с перлитно-цементитной литой структурой модифицирование базового расплава внутри литейной формы сфероидизирующим (VL63(M)) и карбидостабилизирующими (ФХ200, Мн78 или Ви1) модификаторами по различным технологическим вариантам также позволяет, хотя и меньшей степени, чем в случае изготовления отливок из серого чугуна, управлять структурой и свойствами чугуна в отливках. Для получения высокой твердости и износостойкости и в этом случае оптимальным вариантом внутриформенной обработки расплава является двойная обработка сначала в первой проточной реакционной камере карбидостабилизирующим, а затем во второй реакционной камере сфероидизирующим модификаторами.

На основании полученных экспериментальных данных построены графические зависимости абразивного износа образцов от твердости чугуна в литом состоянии, а также разработаны технологические рекомендации по получению чугунных отливок с заданной структурой и свойствами.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА, ПОВЫШАЮЩЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МОЩНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

Цыганаш В.Е.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Предлагается осуществлять такое выделение частотного диапазона работы мощного энергопотребителя, которое позволило бы лучше согласовывать его с частотным диапазоном лица, принимающего решения, и улучшило бы выбор эффективного рабочего режима для установки в целом.

Если решать эту задачу применительно к системе регулирования отдельного электрода дуговой сталеплавильной печи, то ее удобно представлять в виде двух подсистем: «окружающая среда» и, собственно, «энергопотребитель». Взаимодействие между ними осуществляется через потоки информации и энергии. Обычно в первой подсистеме допускается регулирование мощности, отбираемой из сети, а во второй имеется возможность влияния на нагрузку, исходя из условий протекания технологического процесса и допустимых условий эксплуатации оборудования.

Проведенная таким образом декомпозиция автономной системы применительно к отдельному электроду (а их три в агрегате) позволяет получить структурную схему энергопотребления, отделить энергетическую часть от информационной, вскрыть сущность процессов, происходящих в системе, выявить роль и место человека-оператора (лица, принимающего решения – ЛПР) в процессе преобразования энергии. Однако, вскрывая сущность процесса энергопреобразования и роль в нем отдельных звеньев, этот подход не вскрывает инструмента, позволяющего снизить уровень неопределенности при принятии решений.

Поэтому естественно возникает задача, связанная с применением нового метода повышающего эффективность работы такой системы. Это оказывается возможным, если удастся каким-либо образом расщепить систему на две подсистемы низкого порядка и исследовать каждую из подсистем независимо друг от друга. По упрощенной нелинейной модели можно легче дать качественную характеристику исходной системы.

Поскольку медленная составляющая является главной в процессе управления, то она лучше определяется и оператором, чем, например, напряжение или ток, измеряемые вольтметром и амперметром для отдельной фазы агрегата.

Использование этого принципа для выделения и поддержания оптимального режима было опробовано в промышленных условиях на дуговой сталеплавильной печи ДСП-12. В результате испытаний было достигнуто сокращение времени расплавления шихты и существенное уменьшение количества поломок электродов, что стимулировало дальнейшее внедрение этого эффективного приема и на другой ДСП-12 в условиях ПАО НКМЗ.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ КОНСОЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

Шевченко О.В., Яшник А.В.  
(НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

При токарній обробці нежорстким консольним інструментальним оснащенням боротьба з шкідливими коливаннями є особливо актуальною. Це обумовлено суттєвим впливом такого оснащення на роботу всієї технологічної системи верстата. В залежності від оброблюваного матеріалу, геометрії інструменту, режимів та інших умов різання стружкоутворення може бути стійким з утворенням неперервної зливної стружки, або нестійким з утворенням стружки надлому чи елементної. Нестійке стружкоутворення викликає, як правило, втрату вібростійкості динамічної системи верстата. Виникають недопустимі автоколивання і погіршується якість обробленої поверхні. Основними способами підвищення вібростійкості процесу токарної обробки є: - оптимальна орієнтація головних осей жорсткості і підбор співвідношень жорсткостей і мас елементів системи; - забезпечення умов, при яких збільшення сили різання викликає відтиск інструменту від оброблюваної деталі; - збільшення демпфірування в системі.

Разом з тим, для забезпечення вібростійкості токарної обробки (особливо нежорстким інструментальним оснащенням) кут розвороту головних осей жорсткості пружної системи інструменту бажано наближати за величиною до половини кута, який визначає напрямок дії сили різання відносно дотичної до оброблюваної поверхні. При цьому вісь найбільшої жорсткості може бути направлена вздовж однієї з головних координат пружної системи інструменту. Реалізацію цього положення можна здійснити вибором раціональних параметрів інструментального оснащення.

На основі теоретичного дослідження процесу токарної обробки розроблено математичну модель пружної системи інструменту, в якій враховано вплив конструктивних особливостей консольного інструментального оснащення на процес формоутворення при точінні. Отримані теоретичні положення використані при проектуванні спеціального інструментального оснащення для точіння та розточування.

Для визначення коефіцієнтів математичної моделі та дослідження динамічних характеристик консольного інструменту запропоновано комплекс засобів, що реалізований у вигляді експериментально стенду. Стенд дає можливість визначити амплітудно-фазово-частотні характеристики в пружній системі заготовка-інструмент методом гармонічного збурення в діапазоні частот 30-1800 Гц. Стенд може використовуватись для динамічних випробувань консольного інструменту типу борштанги, дає можливість порівнювати їх за вібростійкістю та динамічною жорсткістю та отримувати вихідну інформацію для подальшого вдосконалення конструкцій в напрямку підвищення режимів вібростійкого розточування.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА СВАРНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Шепотько В. П. (ДДМА, г.Краматорск, Украина),

Постников Ю. Е. (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Германия)

Условия хозяйствования современных промышленных предприятий требуют пристального внимания к состоянию технологического оборудования. При этом альтернативой замене приспособлений и корпусных деталей, по-прежнему, остаются высококвалифицированные ремонты. На практике часто встречаются примеры недостаточного внимания к конструктивному оформлению сварных узлов при проектировании металлических конструкций. Нерациональная форма таких узлов способствует ускоренному образованию трещин в сварных швах с последующим распространением в основной металл и утратой работоспособности. Эти конструктивные недостатки возможно и необходимо устранять при выполнении соответствующего ремонта.

Недостаток ремонтной сварки металлоемких изделий - местный высокотемпературный нагрев металла. Местное изменение объема металла, при сохранении объемов рядом расположенных холодных участков, приводит к возникновению внутренних структурных напряжений. Реактивные напряжения уравниваются в пределах конструкции и вызывают появление остаточных напряжений в соседних элементах. Одна из причин повреждения сварных конструкций при эксплуатации – реактивные напряжения, которые наиболее неблагоприятно проявляют себя при ремонтной сварке.

Методология ремонта предполагает два этапа.

1. Разработка технического решения по ремонту на основе анализа рациональности конструктивного оформления сварных узлов.

Составляется математическая модель напряженно-деформированного состояния элементов узла при действии эксплуатационных нагрузок. Для этого используется трехмерная модель соответствующего отсека, например, - в программе SolidWorks. Изолинии деформаций при различных вариантах конструктивного исполнения сварного узла показывают наиболее рациональное техническое решение по ремонту, позволяющее усовершенствовать первоначальную конструкцию.

2. Разработка технологии сварки, обеспечивающей высокое качество ремонта.

Определяются последовательность и способы наложения сварных швов. Рассчитывается величина деформации элементов узла при сварке в зависимости от тепловложения (сварочный ток, соответствующий диаметру электрода) и количества наплавленных слоев, применительно к заданной толщине металла. Создание математической модели, например, - с помощью программы Statistica 6, позволяет прогнозировать остаточные деформации после сварки и выбрать технологические либо конструктивные методы их снижения.

Конструктивно-технологические решения по ремонту, разработанные на основе математических моделей напряженно-деформированных состояний при сварке и при действии эксплуатационных нагрузок, упрощают выполнение ремонтных работ при повышении их качества, обеспечивают высокую надежность и долговечность сварных узлов при последующей эксплуатации. Для металлообрабатывающих станков, работающих в условиях циклических и динамических нагрузок, это особенно актуально.



# **ВЛИЯНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ ХАРЬКОВСКОГО СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ИМЕНИ С. В. КОСИОРА)**

Грицай Н.Н., Мирошниченко Ю.В., Островерх С.А.  
(Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального  
торгово-экономического университета, г. Харьков, Украина)

Проблематика институциональных изменений в отраслях экономики и их влияния на ход экономических процессов в последнее время привлекает внимание современной экономической науки. Ранее на примере институциональных изменений торговли было доказано, что подобные изменения могут приводить к существенным трансформациям институциональной среды, агентов среды и обязательных условий её существования, зачастую выступая определяющим фактором выбора направления эволюции отрасли.

Украина обладала развитым комплексом машиностроения. С 1940 по 1990 год объем продукции в отрасли возрос в 95 раз, а с конца 1970-х годов машиностроение превратилось в ведущую отрасль промышленности. На неё приходилось более 40% всего промышленно-производственного потенциала индустриального производства.

Именно изменение правил работы в отрасли, разрыв и хаотизация многих хозяйственных связей, демонтаж министерских вертикалей, а, самое главное, изменение состава агентов и обязательных условий институциональной среды машиностроения, по нашему мнению, привел к кризису отрасли и невозможности реализации в этих условиях многих технологических преимуществ его предприятий. Размывание формальных основ существования хозяйствующих структур, законодательной базы их функционирования, демонтаж институтов предыдущей системы без предложения эффективной альтернативной замены – способствовали резкому росту неопределённости институциональной среды машиностроения и снижению степени её формализации в пользу неформальных институтов, не приспособленных для эффективного развития машиностроения.

Институциональные реформы в Украине, начатые в конце 1990-начале 2000-х гг., постепенно способствовали восстановлению гармонизации среды. Показателен здесь и пример Харьковского станкостроительного завода имени С. В. Косиора, восстановление которого связывается с приходом на предприятие институциональной структуры, адаптированной под современные условия хозяйственного функционирования – управляющей компании УПЭК. Созданное Акционерное общество «Харьковский станкостроительный завод» (ОАО «Харверст») вошло в состав группы, в 2011 году оно было преобразовано в публичное. На протяжении 2000-х гг. складывались перспективы возвращения предприятию статуса одного из профильных в отрасли, о чём свидетельствуют показатели объемов производства «Харверст», модернизация технологий, вертикальная интеграция предприятия, последние заключённые контракты, их масштабы и география.

## **О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ОТКАЗОВ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ТОЧЕНИИ НА ТЯЖЕЛЫХ КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ**

Мироненко Е.В., Ковалёв Д.Г.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При черновой обработке на тяжелых токарных станках режущая часть инструмента подвергается сложным воздействиям механических и тепловых нагрузок. С точки зрения физики процесса резания имеют место различные виды отказов: абразивно-механический, адгезионный, диффузионный, контактное разрушение и пластическое деформирование режущей кромки.

Как показали проведенные исследования температурные колебания, вызванные прерывистым характером резания, приводят к возникновению микротрещин, перпендикулярных режущей кромке. Эти трещины приводят к выкрашиванию мелких частиц из режущей кромки, что влечет за собой ухудшение качества обрабатываемой поверхности и к увеличению износа по задней поверхности. Выкрашивание также может быть связано с наростообразованием.

Очень высокая температура в зоне резания в сочетании с контактными нагрузками приводит к опусканию режущей кромки в области вершины резца или деформации со стороны задней поверхности. Это ухудшает дробление стружки, качество обработанной поверхности, а дальнейший рост износа по задней поверхности может привести к поломке пластины.

Анализ отказов инструмента позволяет сделать вывод, что отказы бывают зависимыми и независимыми. Поломка пластинки может быть результатом предшествующего выкрашивания, пластической деформации прихвата-стружколома или опорной пластины под действием больших сил резания и высокой температуры на рабочих поверхностях инструмента. Анализ структуры отказов инструмента позволяет наметить пути повышения его качества. Поэтому перед началом проектирования нового агрегатно-модульного инструмента необходимо наряду с анализом условий эксплуатации изучить структуру отказов эксплуатируемого инструмента на данном оборудовании.

Анализ статистических данных показывает, что на тяжелых станках при черновом и получистовом точении на экономически целесообразных режимах, доля поломок колеблется от 20% до 40 % от всех видов отказов.

Это указывает на то, что проблемы обеспечения прочности главным образом касаются тяжело нагруженного инструмента для чернового и получистового точения.

## ЗМІСТ

<i>Агапитова М.В., Ковалев В.Д.</i> Разработка и исследования гидростатических направляющих для тяжелого токарного станка .....	5
<i>Азарова Н.В., Цокур В.П., Горностаев Д.В.</i> Влияние различных способов шлифования и характеристик алмазного круга на среднее арифметическое отклонение профиля шлифованной поверхности .....	6
<i>Азарова Н.В., Цокур В.П., Маленко А.Н.</i> Влияние режимов обработки и радиальных колебаний круга на параметры шероховатости шлифованной поверхности .....	7
<i>Алиев И.С., Жбанков Я.Г., Таган Л.В.</i> Ковка крупных поковок из бесприбыльных слитков осадкой плоской плитой с отверстием .....	8
<i>Алиев И.С., Жукова О.А., Абхари П.Б.</i> Кинематические варианты бокового выдавливания деталей с отрезками .....	9
<i>Аносов В.Л.</i> Проектирование режущего инструмента на основе морфологического синтеза, анализа ниш и надежности .....	10
<i>Белобров Е.А., Приходько О.В., Абдулов А.Р.</i> Стержневые смеси с декстрином .....	11
<i>Белозерова В.В., Бочарова И.А., Волков В.А.</i> Накатка зубьев цилиндрических зубчатых колес .....	12
<i>Бережная Е.В.</i> Стабилизация процесса электроконтактной наплавки режущего инструмента .....	13
<i>Богуцкий А.А.</i> Наплавка металлорежущего инструмента сплавом с интерметаллитным упрочнением .....	14
<i>Бондарева Е.Н., Алиева Л.И., Косилов М.С.</i> Анализ деформированного состояния заготовки при сквозной прошивке .....	15
<i>Бондарев С.В., Васенок Г.С.</i> Восстановление металлорежущего инструмента ручной дуговой наплавкой .....	16
<i>Быков В.В., Мельникова Е.П., Боднар С.В.</i> Модуль для проточки рабочих поверхностей тормозных дисков автомобилей .....	17
<i>Вакуленко С.В.</i> Теоретичне дослідження ефективності використання інструментального оснащення з орієнтованим центром жорсткості .....	18
<i>Васильченко Я.В., Савелова И.К.</i> Исследование и оптимизация управления тяжелыми токарными станками за счет моделирования процесса резания .....	19

<b>Витренко В.А., Воронцов С.Б.</b> Формообразование гиперболоидных зубчатых колес при помощи инструментального зубчатого колеса .....	20
<b>Водолазская Е.Г., Водолазская Н.В., Искрицкий В.М.</b> О перспективных направлениях использования сборочного резьбозавертывающего инструмента с контролем момента затяжки .....	21
<b>Гавриш П.А.</b> Диффузия меди в сталь на межфазной границе при сварке элементов металлорежущих станков и инструмента .....	22
<b>Гейчук В.М.</b> Створення роторних верстатів для магнітно-абразивної обробки на основі синтезу кінематики процесу та модульного принципу .....	23
<b>Герасимчук Е.М., Вовк В.В.</b> Геометрические параметры передней поверхности торцовых фасонных фрез .....	24
<b>Глоба О.В. Романко М.С., Милокост С.М.</b> Методологія обробки тонкостінних деталей кінцевими фрезами .....	25
<b>Грабченко А.І., Пижов І.М., Клименко В.Г.</b> Підвищення ефективності використання алмазних олівців на плоскошліфувальних верстатах .....	26
<b>Гринёв Ю.А., Воеводина Т.А., Кундеус В.В.</b> Влияние углов установки режущих пластин в корпусе сборного сверла на величину радиальной неуравновешенной составляющей силы резания .....	27
<b>Гринь А.Г., Бойко И.А., Жариков С.В.</b> Восстановление инструмента наплавкой .....	28
<b>Гузенко В.С., Лаврентьева Н.В.</b> Повышение надежности крепления режущих пластин с тороидным отверстием .....	29
<b>Гузенко В.С., Миранцов С.Л., Полупан И.И.</b> Исследование влияния усилий закрепления режущей пластины по цилиндрическому отверстию на динамические характеристики резца .....	30
<b>Гусев В.В., Калафатова Л.П., Олейник С.Ю.</b> Исследование динамического состояния технологической системы алмазно-абразивной обработки тонкостенных оболочек из ситаллов .....	31
<b>Гусев В.В., Медведев А.Л., Ронсаль Д.В.</b> Механизм взаимодействия свободного абразива со связкой шлифовального круга и притиром .....	32
<b>Данильченко Ю.М., Петришин А.І.</b> Моделювання форм коливань механічної коливної системи «шпиндельний вузол-основа» .....	33
<b>Жбанков Я.Г., Шкира А.В., Таган Л.В.</b> Ковка бесприбыльных слитков плитами различной конфигурации .....	34

<b>Залого В.А., Гонщик А.В., Зинченко Р.Н.</b> Диагностика состояния режущего инструмента на основании анализа вибраций: состояние вопроса .....	35
<b>Залого В.О., Івченко О.В., Бятова Н.О.</b> До питання створення моделі фахівця .....	36
<b>Иваник И.А., Ковалёв В.Д.</b> Исследования деформативности несущих систем тяжелого многооперационного станка .....	37
<b>Иванов И.Н., Иванов А.И.</b> Основы теории отделочно-упрочняющей обработки многоконтактным турбоцентробежным инструментом .....	38
<b>Івановський О.А.</b> Працездатність свердел із змінним кроком гвинтової лінії .	39
<b>Иванык А. В., Бережная Е.В. Кассов В.Д.</b> Увеличение надежности рабочего органа траншейного цепного экскаватора .....	40
<b>Ивченко Т.Г., Зайцева</b> Исследование теплового состояния инструмента при различных способах подачи СОТС в зону резания .....	41
<b>Ивченко Т.Г., Ильина А.А.</b> Повышение производительности сверления за счет оптимизации режимов резания .....	42
<b>Кабацкий В.И., Кабацкий А.В. Войнов П.Г., Дудинский А.Д.</b> Разработка качественной методики оценки склонности к образованию отрывов при сварке и наплавке .....	43
<b>Казакова Т.В., Бобловская Ю.Ю.</b> Оценка качества сборных торцовых фрез для обработки нешироких плоскостей и уступов .....	44
<b>Казакова Т.В., Дудченко Т.Н.</b> Исследование качества сборных дисковых фрез различных конструкций .....	45
<b>Калиниченко В.В., Власов Ф.О.</b> Перспективы обеспечения высокой работоспособности износостойкого покрытия за счет управления соотношением твердости и упругости материалов слоев .....	46
<b>Кассов В.Д., Куцій Г.М.</b> Вплив параметрів повітряно-дугового стругання на стабільність процесу .....	47
<b>Клименко Г.П., Андронов А.Ю., Коноплицкий Е.В.</b> Повышение показателей безотказности фрез торцевых сборной конструкции .....	48
<b>Клименко Г.П., Луцко А.Ю.</b> Повышение надёжности автоматизации плунжерного фрезерования .....	49
<b>Клименко Г.П., Ткачёва Е.В.</b> Определение уровня качества эксплуатации сборных резцов в условия ПАО НКМЗ .....	50
<b>Клименко С.А.</b> Технологические разработки ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины .....	51

<b>Ковалёва Т.А.</b> Усовершенствование механообработки глобоидных червяков на токарных станках с ЧПУ .....	52
<b>Ковалева Л.И.</b> Профилирование сборных фасонных фрез с прямыми зубьями, затылованными по окружности в корпусе приспособления с наклонными пазами .....	53
<b>Ковалев В.Д., Васильченко Я.В.</b> Розробка технологічних систем для екологічноефективної обробки деталей енергетики на базі адаптивних багатоцільових важких верстатів .....	54
<b>Койнаш В.А., Проць В.В.</b> Методика моделирования взаимодействия гусеничных звеньев землеройных машин с грунтом .....	55
<b>Коржов Є.О.</b> Системні засади створення інноваційного продукту на базі науково-технічних розробок підприємства .....	56
<b>Коржов Є.О.</b> Оцінка ефективності впровадження системи створення інноваційного продукту в діяльність машинобудівних підприємств .....	57
<b>Косенко М.В., Загородних Р.А.</b> Получение профилированных заготовок конической формы .....	58
<b>Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Кузьмін М.І.</b> До питання зміни подачі в процесі свердління наскрізних отворів .....	59
<b>Крупко В.Г., Алешичев П.В.</b> Обоснование применения комбинированных приводов в механизмах тяги драглайнов .....	60
<b>Кухтик Т.В., Шишкевич К.И.</b> К вопросу управления качеством сборки в тяжелом машиностроении .....	61
<b>Левинская И.М., Зуев А.С., Дзей С.Е.</b> Методы интенсификации обработки деталей псевдооживленной слоем абразива .....	62
<b>Литвин О.В.</b> Робочі процеси та параметри вузлів штокових токарних патронів для швидкісної обробки .....	63
<b>Луців І.В., Штогрин С.П.</b> Подрібнення зливної стружки при дворізцевій обробці з електромагнітним зв'язком деталей із алюмінієвих сплавів .....	64
<b>Майборода В.С., Джулий Д.Ю., Ткачук И.В.</b> Эффективность применения при магнитно-абразивной обработке восстанавливающих стержневых элементов .....	65
<b>Макаренко Н.А.</b> Ремонт деталей токарных станков способом плазма-миг наплавки .....	66
<b>Марков О.Е.</b> Новый технологический процесс изготовления крупных заготовок для деталей тяжелого машиностроения .....	67

<i>Мартинов А.П., Васильев О.П.</i> Удосконалення автоматизованого проектування нерухомих з'єднань в машинобудівних виробках .....	68
<i>Мартыновская Е.В., Кассов В.Д.</i> Увеличение сроков эксплуатации шкивов-полумуфт для ленточных конвейеров .....	69
<i>Мельник М.С., Бойко И.А.</i> Изготовление и восстановление направляющих металлорежущих станков наплавкой .....	70
<i>Мішура Є.В.</i> Функціонально-вартісний аналіз технологічних процесів .....	71
<i>Михайлов А.Н., Михайлов Д.А., Михайлова Е.А.</i> Особенности проектирования и классификации композиционных технологий машиностроения .....	72
<i>Мицык А.В., Федорович В.А.</i> Проблемы отделочно-зачистной обработки в современных металлообрабатывающих производствах .....	73
<i>Музыкант Я.А.</i> Состояние и пути совершенствование станко-инструментальной промышленности РФ .....	74
<i>Настасенко В.О.</i> Удосконалення технологій виробництва гіперболоїдних зубчастих передач та черв'ячних зуборізних інструментів .....	75
<i>Неченаев В.Г., Гнитько А.Н., Харламов С.Ю.</i> Математическая модель удаления стружки при фрезеровании прямоугольных пазов .....	76
<i>Неченаев В. Г., Гнитько А. Н., Харламов С. Ю.</i> Моделирование удаления стружки при фрезеровании прямоугольных пазов .....	77
<i>Парфёнова И.Н.</i> Автоматизация оперативного планирования на машиностроительном предприятии .....	78
<i>Петраков Ю.В., Писаренко В.В.</i> Визначення режиму фрезерування 3-D поверхонь для забезпечення якості .....	79
<i>Полтавец В.В., Шаповалова Н.Н.</i> Наростообразование при шлифовании титановых сплавов как следствие формирования в обрабатываемом материале вторичных структур .....	81
<i>Пресняков В.А., Безгин</i> Установка для электроконтактной наварки порошковой проволокой .....	82
<i>Приходько О.В., Туманянс Г.Г.</i> Автоматизированное определение размеров опок .....	83
<i>Равская Н.С., Липский Е.Р., Охрименко А.А.</i> Некоторые вопросы автоматизации проектирования обкаточных валков для компрессорных лопаток газотурбинных двигателей .....	84
<i>Раджаб Заде Мортеза, Залога В.А. Ивченко А.В.</i> Терминологический аппарат в области интегрированных систем менеджмента .....	85

<b>Ревенко Д.В.</b> Моделирование состояния шлифовального круга за счет направленного электро-эрозионного разрушения связки инструмента .....	86
<b>Родичев Ю.М., Сорока Е.Б., Веер Ф.</b> Обеспечение конструкционной прочности элементов из стекла на основе управления технологическими поверхностными дефектами .....	87
<b>Рутковский М.А.</b> Обобщенная параметрическая модель обечайки барабана шахтной подъемной машины .....	88
<b>Савелов Д.В.</b> Исследование процесса тяжелого точения и его автоматизация за счет установления законов оптимального управления .....	89
<b>Сагайда П.І.</b> Інформаційна технологія обробки експертних оцінок при прийнятті рішень з технічного переозброєння на машинобудівних підприємствах .....	90
<b>Самара А.А., Ковалев В.Д.</b> Разработка тяжелого многооперационного токарного станка с исследованием адаптивной системы управления .....	91
<b>Симоненко Т.Г.</b> Мотиваційний механізм стимулювання ефективної праці персоналу .....	92
<b>Смирнова М.А., Варчук А.Н.</b> Повышение эффективности средств релейной защиты и автоматики в электромеханических системах .....	93
<b>Сторчак М.Г., Залоза О.А., Мурат Осак</b> Создание методики экспериментального прогнозирования износа режущего инструмента .....	94
<b>Субботин О.В., Ставицкий В.О.</b> Система программного управления сверлильным станком .....	95
<b>Сукова Т.А.</b> Пути повышения эффективности тяжелого металлорежущего оборудования .....	96
<b>Тарасов А.Ф., Тарасов С.А., Богдан М.П.</b> Автоматизация поиска аналогов конструктивных решений в архивах машиностроительных предприятий .....	97
<b>Тимофеев Ю.В., Волошин А.И., Мироненко Е.В., Клочко А.А., Кравцов А.Н.</b> Научное обоснование технологических методов обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес ..	98
<b>Ткаченко Н.А.</b> Рациональные параметры процесса эксплуатации режущих инструментов тяжелых токарных станков .....	99
<b>Фесенко А. Н., Фесенко М.А., Дегтярев С.А.</b> Центробежное литье двухслойных чугуновых отливок с дифференцированной структурой и свойствами в слоях .....	100



<b>Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Чугаев Д.А.</b> Влияние способов внутри- форменной обработки расплава на структуру и свойства чугуна в отливках	101
<b>Цыганаш В.Е.</b> Выбор оптимального частотного диапазона, повышающего эффективность работы мощной электротермической установки	102
<b>Шевченко О.В., Яшник А.В.</b> Дослідження показників динамічної якості консольного інструментального оснащення	103
<b>Шепотько В.П., Постников Ю.Е.</b> Методологические основы ремонта сварных узлов металлообрабатывающих станков	104
<b>Грицай Н.Н., Мирошниченко Ю.В., Островерх С.А.</b> Влияние институциональных изменений на функционирование предприятий машиностроительной отрасли (на примере харьковского станкостроительного завода имени С. В. Косиора)	105
<b>Мироненко Е.В., Ковалёв Д.Г.</b> О характеристиках отказов сборных резцов при точении на тяжелых карусельных станках	106

## ДЛЯ ПОДАТОК

Scientific publication

**HEAVY ENGINEERING.  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**M A T E R I A L S**  
**of the X International  
scientific and technical conference**

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,  
minutes №10 dated May 29, 2012

Signed print 29.05.2012  
Conv.-printed sheets 7,25.  
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Accont.-publ. sheets 5,27.  
Order №89

---

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 X Міжнародної науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,  
протокол №8 від 29.05.2012

Підп. до друку 29.05.2012  
Ум. друк. арк. 7,25.  
Тираж 100 прим.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Обл.-вид. арк. 5,27.  
Зам. №89

---

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