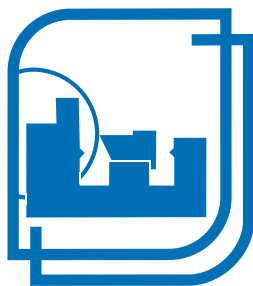


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**



# **ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ**

**XIII МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**КРАМАТОРСЬК 2015**

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ  
XIII Міжнародної  
науково-технічної конференції**

Краматорськ 2015

## УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали тринадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 2 — 4 червня 2015 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2015. — 100 с.

**ISBN 978-966-379-640-6**

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

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

Члени комітету:

<b>Алієв І.С.,</b>	д.т.н., проф., проректор з НДР ДДМА
<b>Антонюк В.С.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Бондар Ю.Г.,</b>	директор ПАТ "КЗВВ"
<b>Внуков Ю.М.,</b>	д.т.н., проф., проректор з НДР ЗДТУ
<b>Гавриш А.П.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Грабченко А.І.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Дашич П.,</b>	проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія
<b>Дюбнер Л.,</b>	докт.-інж., проф., МТУ, Магдебург, Німеччина
<b>Ерентрайх Т.,</b>	директор «Гертнер», Німеччина-Австрія
<b>Єфімов М.В.,</b>	ген. директор ПАТ "ЕМСС"
<b>Залого В.О.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ
<b>Ілларіонов Р.,</b>	проф., проректор ТУГ, Болгарія
<b>Калафатова Л.П.,</b>	д.т.н., проф. ДонНТУ
<b>Кассов В.Д.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Клименко Г.П.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Клименко С.А.,</b>	д.т.н., проф., заст. директора ІНМ ім. В. Бакуля НАН України
<b>Клочко О.О.,</b>	д.т.н., проф., НТУ "ХПІ"
<b>Луців І.В.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ ім. І. Пулюя
<b>Майборода В.С.,</b>	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
<b>Мельничук П.П.,</b>	д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
<b>Мироненко Є.В.,</b>	д.т.н., проф., декан ДДМА
<b>Новіков М.В.,</b>	академік НАН України, директор ІНМ ім. В. Бакуля НАН України
<b>Павленко І.І.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
<b>Пасічник В.А.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. 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>Сорока О.Б.,</b>	д.т.н., ПІМ НАН України
<b>Струтинський В.Б.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Суков Г.С.,</b>	к.е.н., ген. директор ЗАТ "НКМЗ"
<b>Тимофєєв Ю.В.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Тонконогий В.М.,</b>	д.т.н., проф., директор ІПТДМ ОНПУ
<b>Турчанін М.А.,</b>	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

ISBN 978-966-379-567-6

© ДДМА 2015

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



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

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

Kramatorsk 2015

Heavy engineering. Problems and prospects of development. Materials of the thirteenth International scientific and technical conference — June 2 — 4, 2015 / Under the general edition V. Kovalov. — Kramatorsk: DSEA, 2015. — 100 p.

**ISBN 978-966-379-640-6**

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

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

Members of program committee:

<b>Aliev I.S.,</b>	Dr., Prof., vice-rector DSEA
<b>Antonjuk V.S.,</b>	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Bondar Y.G.,</b>	Director KZTS
<b>Dašić P.,</b>	Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia
<b>Dubner L.,</b>	Dr., Prof., MTU, Magdeburg, Germany
<b>Erentreih T.,</b>	Gertner Service GmbH. company manager, Germany-Austria
<b>Gavrish A.P.,</b>	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Grabchenko A.I.,</b>	Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"
<b>Ilarionov R.,</b>	Prof., vice-rector of TUG, Bulgaria
<b>Kalafatova L.P.,</b>	Dr., Prof., DonNTU
<b>Kassov V.D.,</b>	Dr., Prof., head of dep. DSEA
<b>Klimenko G.P.,</b>	Dr., Prof., head of dep. DSEA
<b>Klimenko S.A.,</b>	Dr., Prof., vice-director ISM NAS of Ukraine
<b>Klochko O.O.,</b>	Dr., Prof., NTU "KhPI"
<b>Lootsiv I.V.,</b>	Dr., Prof., head of dep. TNTU
<b>Majboroda V.S.,</b>	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Melnichuk P.P.,</b>	Dr., Prof., rector ZhSTU
<b>Mironenko E.V.,</b>	Dr., Prof., dean DSEA
<b>Novikov N.V.,</b>	Academician NAS of Ukraine, director ISM NAS of Ukraine
<b>Pavlenko I.I.,</b>	Dr., Prof., head of dep. KSTU
<b>Pasichnyk V.A.,</b>	Dr., Prof., head of dep. KSTU
<b>Petrakov Y.V.,</b>	Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"
<b>Ravskaya N.S.,</b>	Dr., Prof., NTUU "KPI"
<b>Soroka O.B.,</b>	Dr., IPMS NAS of Ukraine
<b>Strutinskij V.B.,</b>	Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI"
<b>Sukov G.S.,</b>	Ph.D., General Director NKMZ
<b>Timofeev Y.V.,</b>	Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"
<b>Turchanin M.A.,</b>	Dr., Prof., head of dep. DSEA
<b>Tonkonogiy V.M.,</b>	Dr., Prof., Director of IITDM, ONPU
<b>Vnukov Y.N.,</b>	Dr., Prof., vice-rector ZSTU
<b>Yefimov M.V.,</b>	General Director EMSS
<b>Zaloga V.A.,</b>	Dr., Prof., head of dep. SSU

## ДЛЯ ПОДАТОК

## ДЛЯ ПОДАТОК

## ДЛЯ ПОДАТОК



## БОКОВОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ОТРОСТКОВ В РАЗЪЕМНЫХ МАТРИЦАХ

**Алиев И.С., Абхари П.Б., Ерёмина А.А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Холодным выдавливанием достигается максимальное приближение формы, размеров и качества поверхностей исходной заготовки к соответствующим параметрам готовой детали.

Холодное боковое выдавливание позволяет получать штамповкой детали сложных пространственных конфигураций с боковыми отростками различного сечения [1].

Для моделирования процесса использован программный комплекс DeForm 3D, в основе которого лежит метод конечных элементов. Изучали процесс выдавливания отростков, расположенных под различным углом наклона на детали диаметром 22 мм. Были рассмотрены случаи симметричного выдавливания двух отростков круглого сечения диаметром 9 мм под углом наклона  $\alpha$  45, 90, и 135°. Моделирование проводилось с использованием алюминиевого сплава АД1. В результате определены значения интенсивности напряжений, деформаций и энергосиловых параметров на различных стадиях процесса.

Картина распределения интенсивности напряжений показывает, что при выдавливании с  $\alpha=90^\circ$  при ходе пуансона 12 мм максимальные значения интенсивности напряжений (236 МПа) сосредоточены в центральной части заготовки, на кромке перехода детали в отросток, а также вдоль оси выдавливаемого отростка (рис.1). Минимальное значение напряжений находится в пределах 80 МПа.

При выдавливании отростков под углом наклона отростка  $\alpha=45^\circ$  что максимальные значения интенсивности напряжений появляются уже при ходе пуансона равном 8 мм и равняются 236 МПа. При этом минимальное значение интенсивности равняется 90 МПа.

Выдавливанию бокового отростка под углом  $\alpha=315^\circ$  характерны такие показатели: минимальное значение интенсивности напряжений на кромке перехода металла в отросток –110 МПа при ходе пуансона 6 мм, а максимальное значение 220 МПа соответствует ходу пуансона 12 мм.

Наиболее благоприятной с точки зрения равномерности распределения напряжений является схема выдавливания под углом  $\alpha = 315^\circ$ . Это снижает вероятность образования трещин, что позволяет прогнозировать более высокие эксплуатационные характеристики детали. При этом угле выдавливания также отмечается наименьшее усилие выдавливания, что связано с наиболее благоприятными условиями течения материала. Полученные результаты были подтверждены выдавливанием ряда экспериментальных образцов с различным углом наклона отростка.

$\alpha$	Схема	Деталь	Интенсивность напряжений
90°			
45°			
135°			

Рис.1 - Схема детали с отрезком при разной геометрии процесса и картина распределения интенсивности напряжений в заготовке

Методом конечных элементов установлено, что максимальная интенсивность напряжений наблюдается в переходных зонах, контактирующих с кромками матрицы. Выявлено, что наиболее благоприятное формообразование отрезка происходит при выдавливании под углом  $\alpha = 135^{\circ}$ .  
**Литература:** 1. Алиев И.С. Технологические процессы холодного поперечного выдавливания / И.С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. – №6. – С. 1-4. 2.

# АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВЫДАВЛИВАНИИ ПОЛЫХ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Алиев И.С., Гнездилов П.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В машиностроении широко распространены полые конические детали с различной толщиной стенки из стали, цветных металлов и сплавов.

Наиболее перспективным способом получения полых конических деталей является процесс комбинированного выдавливания. По данной схеме предполагается расположение исходной заготовки в верхней части матрицы и выдавливание с истечением металла в прямом и обратном направлении. Это обеспечивает проработку стенок и донной части заготовки, снижение технологического усилия, а также устранение разностенности и несоосности полости детали. Снижение деформирующих усилий происходит за счет появления сил активного трения, когда на наружной поверхности трение начинает играть полезную роль и способствует истечению металла в непрерывно сужающийся зазор между пуансоном и матрицей.

При анализе процесса выдавливания установлено, что управляющими параметрами процесса являются (рис. 1а) углы наклона образующей матрицы и пуансона  $\alpha_M$  и  $\alpha_P$ , соответственно, положение исходной заготовки в матрице (H) и условия контактного трения  $\mu$ .

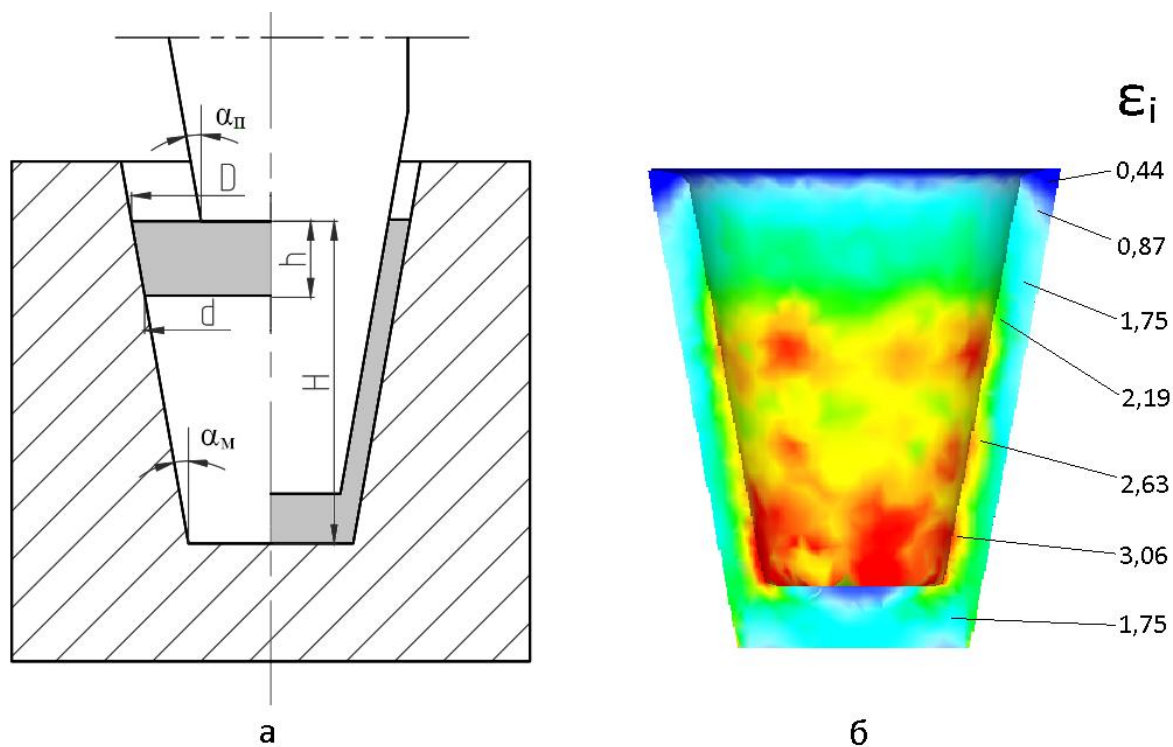


Рис. 1 Схема процесса комбинированного выдавливания (а) и распределение интенсивности деформации по сечению детали (б).

Моделирование процесса исследования полой конической детали проводилось в программном комплексе DeForm 3D. Материал заготовки алюминиевый сплав АД1 с размерами  $D=49,4\text{мм}$ ,  $d=42\text{мм}$ ,  $h=21\text{мм}$  (см. рис.1а). В качестве базовых параметров приняты углы наклона образующей матрицы и пуансона,  $\alpha_m=\alpha_n=10^\circ$  и условия контактного трения  $\mu=0,12$ .

Максимальное значение интенсивности деформации по сечению полой конической детали составило 3,06 и наблюдается в зоне перехода дна детали во внутреннюю стенку. В данной области происходит и наибольшая проработка структуры металла. В области стенки стакана наблюдается снижение величины интенсивности деформации в направлении от внутренней стенки к наружной стенки детали. Минимальное значение интенсивности деформации составило 0,44 в верхней части детали, которая претерпела меньшую степень проработки.

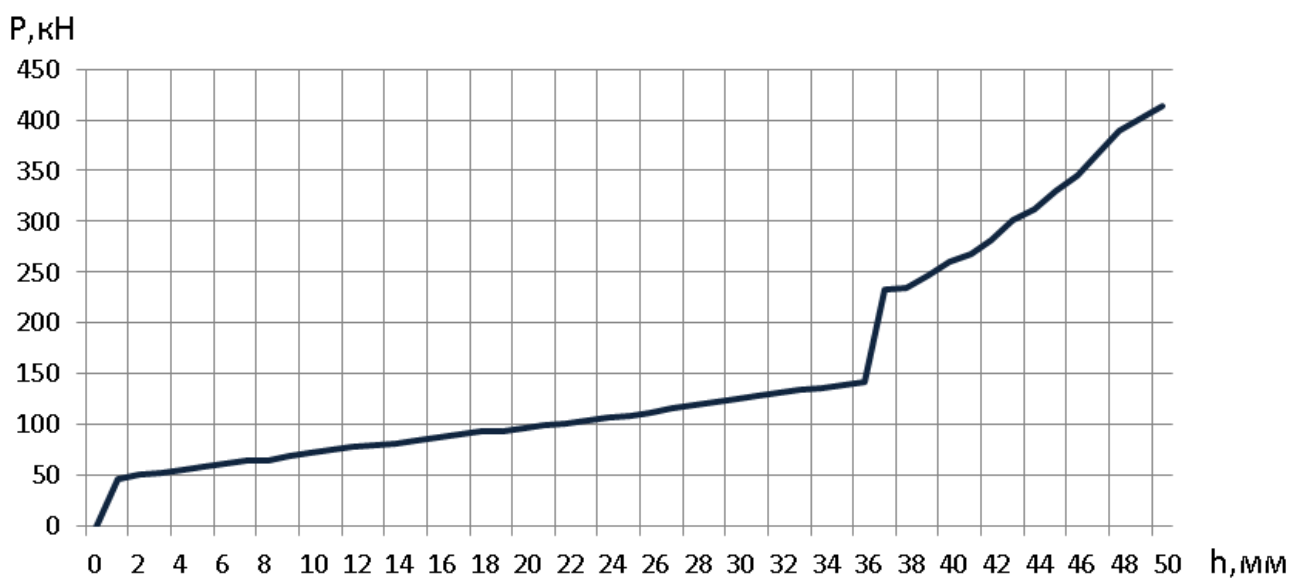


Рис. 2 Характер изменения силовых параметров комбинированного выдавливания.

Изменение сил выдавливания происходит по закону, представленному на графике (рис.2). Можно выделить три основные стадии процесса: стадия расштамповки с резким скачком сил деформации; умеренное возрастание сил на стадии комбинированного выдавливания; достижение заготовкой торца противоположного пуансона и резкий скачок усилия за счет перехода к стадии обратного выдавливания.

Проведено КЭ-моделирование процесса выдавливания полой конической детали при помощи программного продукта DeForm 3D. Рассмотрено распределение интенсивности деформации сечения детали. В зависимости от изменения сил деформирования установлены три характерные стадии процесса комбинированного выдавливания.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДВИЖЕНИЙ ТОКАРНОГО СТАНКА

**Антоненко Я.С.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Технологические возможности станков в обеспечении качества обработки зависят, прежде всего, от траекторий формообразующих элементов. В процессе обработки детали станок подвергается интенсивному воздействию целого комплекса эксплуатационных нагрузок, имеющих случайную природу, вследствие чего траектории формообразующих элементов изменяются в широких пределах, что в свою очередь ведет к изменению формы детали и ее показателей точности.

Во всех случаях, как при рассмотрении абсолютно твердого тела, так и при изучении упругого стержня жесткость моделируется скалярной величиной, которая рассматривается как суммарная реакция деформации инструмента относительно обрабатываемой детали в радиальном направлении (перпендикулярно оси вращения) на силы этого же направления и это значение является функцией координат перемещения суппорта вдоль обрабатываемой детали и ее изменение учитывается особенно при обработке мало жестких деталей.

Именно эта информация, прежде всего, используется в адаптивных системах управления металлорежущим станком (Соломенцев Ю.М., Балакшин Б.Н., Митрофанов В.). Однако необходимо учитывать следующее обстоятельство - точка контакта инструмента с заготовкой претерпевает отклонение от теоретического положения в пространстве, поэтому жесткость должна задаваться своими матрицами жесткости. В общем случае необходимо учитывать, что матрица жесткости как инструмента так и заготовки, является некоторой функцией координат перемещения суппорта.

Для того чтобы учитывать деформации элементов не жестких деталей, нужно привлекать современные методы анализа напряженно-деформированных состояний на основе представлений механики сплошной среды. Наиболее приемлемым для этого методом является метод конечных элементов (МКЭ), который и будет принят как основной для математического моделирования и вычисления распределенных матриц жесткости в точке контакта инструмента с обрабатываемой заготовкой.

Таким образом, разработка методов и устройств, позволяющих моделировать и управлять траекторией формообразующих элементов при обработке, является актуальной проблемой, имеющей важное производственное значение.

## **ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ КРИВОШИПНО-ШАТУННЫХ МЕХАНИЗМОВ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Астахова Е.С., Корчак Е.С.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В тяжелом машиностроении машины на базе кривошипно-шатунных механизмов отличаются значительными силовыми и энергетическими затратами. При этом их номинальное усилие является довольно условной величиной, не характеризующей прочностные характеристики базовых деталей привода. А сами базовые детали – главные валы, зубчатые передачи, муфты – не являются равнопрочными. Поэтому, возникает необходимость построения графиков допустимых усилий на ползуне, исходя из прочности базовых деталей и момента, передаваемого муфтой, которые в совокупности дают диаграмму прочности машины. Характер и взаимное расположение кривых допустимых усилий на ползуне зависит от формы, конструктивных размеров и функционального назначения каждой базовой детали или узла. Усилия, действующие на рабочем ходе в опасных сечениях валов и на зубьях зубчатой передачи, приводятся к ползуну машины, чтобы можно было их сравнить с графиками технологических усилий, возникающих при обработке заготовки и воздействующих на ползун. В случае если эти нагрузки превышают допустимые по прочности базовых деталей конкретной машины, необходимо во избежание поломок этих деталей перенести данный техпроцесс на более мощную машину.

Главные рабочие валы работают в тяжелых условиях переменных нагрузок, когда усилие на ползуне и крутящий момент на валу при каждом рабочем ходе возрастают от нуля до максимума с последующим падением до нуля. Это неблагоприятно сказывается на долговечности всех элементов исполнительного механизма и станины машины. Расчет главных валов проводят на усталостную прочность при пульсирующем цикле нагружений. При этом определяют не напряжения и силы, действующие в его сечениях, а допустимые нагрузки на ползуне, исходя из прочности опасных сечений вала. Зубчатые передачи обеспечивают передачу расчетного крутящего момента с ведущего вала на ведомый с заданной частотой вращения. При пуске и остановке ползуна зубчатые передачи испытывают повышенные динамические нагрузки, т. е. работают в сложных условиях кратковременных и знакопеременных нагрузок. Это ставит зубчатые передачи на место второго, после главного вала, наиболее ответственного звена привода. При этом наиболее нагруженной является зубчатая пара, приводящая во вращение главный вал машины. Проверку ее работоспособности оценивают путем построения графика допустимых усилий на ползуне, исходя из прочности зубьев колеса, установленного на главном валу машины. При проектировании муфты необходимо обеспечить передачу максимального крутящего момента, соответствующего максимальному значению усилия на ползуне при выполнении технологической операции. Работоспособность спроектированной муфты проверяют путем построения графика допустимых усилий на ползуне машины, исходя из момента, передаваемого муфтой.

## ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОНСОЛИДАЦИИ ПОРОШКОВОЙ СРЕДЫ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

**Бережная Е.В.**

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Развитие технологии электроконтактной наплавки связано с разработкой практических рекомендаций, осуществляемых на основе комплексных теоретических и экспериментальных исследований ( в том числе и для решения тепловых задач) с использованием современных методов теоретического анализа и экспериментальных установок. Тепловые процессы, происходящие при электроконтактной наплавке порошковой композиции, сложны: изменяются геометрические размеры слоев, тепловые свойства ингредиентов, происходят фазовые переходы с перемещением границы раздела фаз. Поэтому особый интерес для регулирования технологического процесса наплавки представляет распределение тепла по толщине слоя, что позволит контролировать нагрев и расплавление компонентов. Процесс нагрева рассчитывали в соответствии с теорией теплопроводности. Установлено, что температура в любой точке шихтовой композиции будет линейной функцией времени, а распределение температуры по толщине – параболически. Тепловые процессы с использованием разработанной математической модели выполнены с помощью пакета конечно- элементного анализа LS-DYNA. Анализ математической модели пространственно – временного температурного поля при различных условиях показал, что: температура в центре порошковой композиции в термдеформационном очаге при небольших значениях критерия Фурье практически не изменяется; с увеличением критерия Био средняя температура композиции увеличивается; изменение температуры в контактной зоне «ролик – электрод - композиция» и «композиция- восстанавливаемая деталь» происходит в широких пределах при больших значениях  $Bi$  и малых  $F_0$ .

Установлен пропорциональный рост электро-и теплопроводности от плотности, приближаясь к значению этих величин для соответствующих компактных сплавов того же состава. За время действия импульса сварочного тока для обеспечения стабильной тепловой картины необходимо стремиться к максимально возможному повышению плотности композиции и уменьшению пористости с учетом обеспечения равновесного соотношения между скоростями нагрева и пластического деформирования в области сварочного контакта, оптимальное значение которого наиболее рационально достигается изменением усилия сжатия ролика – электрода во время  $I_{св}$  наряду с программированием  $I_{св}$  или без него. Обоснована целесообразность применения запрограммированных по сварочному току и усилию на ролике - электроде циклов электроконтактной наплавки, позволяющих уменьшить склонность процесса к выплескам и неспарам на 10-12 %.

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РЕЗАНИЯ НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ

**Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Григорьев В.К.**

*(ДГМА, г.Краматорск, Украина)*

Эффективность работы современного машиностроительного производства во многом определяется достигнутым уровнем его автоматизации. Основные задачи, стоящие перед станкостроением, сводятся к повышению производительности, точности обработки и надежности металлорежущих станков. В настоящее время требования к повышению эффективности машиностроительного производства решаются за счет создания станочных модулей с новыми показателями, позволяющими повысить точность обработки деталей, быстродействие управления, уменьшить перерегулирование, добиться оптимальных режимов обработки. Известно, что эксплуатационные свойства деталей определяются температурно-силовыми режимами обработки. Вопросы, связанные с формированием алгоритма автоматического управления температурно- силовыми режимами резания, не получили пока достаточного развития и не могут обеспечить необходимого быстродействия управления и, как следствие, качества и точности обработки деталей.

Целью работы является разработка алгоритмов логического управления температурно-силовыми режимами процесса механообработки в условиях неопределенности, обеспечивающих, в реальном масштабе времени, управление, для формирования требуемых эксплуатационных свойств обрабатываемых поверхностей.

Анализ технологических особенностей управления процессом резания (ПР) позволил установить, что существующие методы управления не удовлетворяют современным требованиям, обеспечивающим необходимое качество и точность обрабатываемой поверхности, а также быстродействие управления.

Помимо этого следует отметить необходимость создания быстродействующих алгоритмов, позволяющих осуществить взаимосвязанное управление по каналам температуры и силы резания в условиях нестационарности процесса резания.

Таким образом, полученные условия для каналов температуры и силы резания позволят осуществить взаимосвязанное управление температурой и силой резания. В дальнейшей работе планируется осуществить моделирование, анализ и оценка эффективности работы алгоритмов логического управления температурно-силовым режимом процесса резания в Matlab simulink



# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

**Васильченко Я.В., Турчанин М.А., Шаповалов М.В., Киреева А.Е.**

*(ДГМА, г.Краматорск, Украина)*

Развитие современного тяжелого машиностроения требует усовершенствования материалов, конструкций и технологий производства. Одной из наиболее перспективных технологий улучшения эксплуатационных свойств изделий, применяемых в различных областях техники, является обработка импульсным магнитным полем.

Установка ОИМП (обработка импульсным магнитным полем) предназначена для объемного упрочнения изделий путем релаксации внутренних остаточных напряжений и снижения плотности дислокаций.

Установка ОИМП компактная, экологически чистая, не требует больших затрат на электроэнергию и обслуживание, работает без высококвалифицированного обслуживания. Может использоваться как в централизованном инструментальном производстве, так и в условиях инструментального цеха машиностроительного предприятия.

Обработка импульсным магнитным полем (ОИМП) позволяет повышать объемную прочность деталей, инструментов, сварных соединений, стабилизировать эксплуатационные свойства, а также снимать внутренние напряжения в деталях и соединениях при их изготовлении и термообработке.

Причины изменения свойств при ОИМП инструментальных материалов сводятся к перестройке атомов под воздействием магнитного поля. Взаимодействие импульсного магнитного поля с токопроводящим инструментальным материалом происходит тем интенсивнее, чем выше структурная и энергетическая неоднородность материала. При изготовлении инструмента в его материале неравномерно концентрируются некоторые количества избыточной энергии, с увеличением которой возрастает вероятность разрушения инструмента.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** - Повышение эффективности режущего инструмента на тяжелых станках за счет разработки и внедрения технологического метода обработки импульсным магнитным полем режущих пластин и выбора рациональных режимов резания. Таким образом, разработана методика оценки характеристик конструкционной прочности твердосплавных режущих пластин с использованием вырезанных из них специальных образцов, их испытаний в условиях поперечного изгиба. Установлено, что модификация твердых сплавов ВК3 и ВК8 обработкой импульсным магнитным полем приводит к стабилизации механических характеристик, рост предела прочности на изгиб.

## ВИБІР ФОРМИ ПЕРЕДНІХ ТА ЗАДНІХ ПОВЕРХОНЬ СФЕРИЧНИХ КІНЦЕВИХ ФРЕЗ

**Вовк В.В.**

*(НТУУ «КПІ», м.Київ, Україна)*

Основною частиною сферичних кінцевих фрез, яка контактує з оброблюваним металом при обробленні фасонних поверхонь є її сферична різальна частина. Саме її конструкція, режими різання та особливості умов експлуатації визначають, перш за все, працездатність цього інструменту, продуктивність обробки та надійність роботи будь якого верстата з ЧПУ та автоматизованого комплексу.

Одним із основним критеріїв, крім забезпечення необхідних геометричних параметрів, при виборі форм передніх та задніх поверхонь є те, що лінія перетину передніх і задніх поверхонь обов'язково повинна знаходитись на сферичній вихідній інструментальній поверхні.

В якості передньої поверхні різальних кромek найчастіше вибирається плоска, конічна або гвинтова поверхня. Плоска та конічна передня поверхня може бути створена на універсальному обладнанні, в той час як гвинтова – на верстатах з ЧПУ. В якості задньої поверхні приймають конічну та гвинтову поверхні, а фасонну циліндричну поверхню не застосовують, оскільки в порівнянні з іншими формами задні кути вздовж різальної кромки будуть змінюватись в досить великих межах.

При проектуванні такого інструменту форми поверхонь та їх розташування вибирають таким чином, щоб забезпечити на різальній кромці необхідні значення геометричних параметрів, рекомендованих для оброблення заданого матеріалу, причому зміна цих кутів вздовж кромки повинна бути мінімальною.

При застосуванні плоскої передньої поверхні статичний кут нахилу різальної кромки в кожній її точці залежить від заданого інструментального переднього кута і майже співпадає з ним на периферії кромки. У фрез з конічною передньою поверхнею для заданого інструментального переднього кута статичний кут нахилу різальної кромки залежить від розташування площини різальної кромки, і як правило має більші значення ніж для плоскої передньої поверхні. Схожа ситуація спостерігається і у фрез з гвинтовою передньою поверхнею. В результаті цього покращується динаміка процесу різання, за рахунок більш плавного врізання та виходу леза з оброблюваного матеріалу. Слід відзначити, що статичні нормальні передні та задні кути для наведених форм передніх та задніх поверхонь є постійними вздовж різальної кромки. Зміна ж статичних головних передніх та задніх кутів вздовж різальної кромки спричинена зміною вздовж кромки статичного кута нахилу різальної кромки. Тобто, при проектуванні такого інструменту необхідно вибрати такий компромісний варіант, тобто такі форми поверхонь, які забезпечать для заданих умов оброблення незначну нестабільність статичних передніх та задніх кутів вздовж кромки при достатньому значенні статичного кута нахилу різальної кромки.

## ОБРОБЛЕННЯ КОНІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ

**Вовк В.В., Герасимчук О.М.**  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Оскільки поверхню деталі можна обробити різними інструментами, розроблення загальних теоретичних основ конструювання різальних інструментів для оброблення заданих поверхонь, визначення методики проектування різальної частини інструменту, проведення подальшого аналізу та вибору оптимальної конструкції є актуальною задачею.

Проектування різальних інструментів, призначених для оброблення заданої поверхні деталі, включає визначення вихідної інструментальної поверхні, спряженої з поверхнею деталі, за вибраної схеми формоутворення та перетворення тіла, обмеженого вихідною інструментальною поверхнею, в працездатний різальний інструмент. В роботі розглядається схема формоутворення, яка відповідає фрезеруванню торцевими фрезами, коли рух поверхні деталі відносно осі інструменту є обертанням навколо осі інструменту. Характеристикою або лінією контакту спряжених поверхонь буде ортогональна проекція осі інструменту на поверхню деталі. Форма характеристики в процесі обробки не змінюється. Тому за такої схеми формоутворення можна обробити тільки поверхні, що допускають ковзання "самих по собі". До таких поверхонь належать і конічні поверхні. Із аналізу кінематичної схеми оброблення торцевими фрезами конічних поверхонь визначено, що всі три умови формоутворення виконуються і розміри діаметра фрези можуть вибиратись будь-якої величини. Вихідною інструментальною буде кругла конічна поверхня.

Вирішені задачі графічного та аналітичного визначення профілю різальної кромки та профілю задньої поверхні торцевої фрези з плоскою передньою та циліндричною задньою поверхнями, призначеної для оброблення конічних поверхонь. Передньою площиною є площина загального положення ( $\gamma \neq 0, \lambda \neq 0$ ).

В загальному випадку передня площина не проходить через вершину конічної вихідної інструментальної поверхні, тому їхня лінія перетину, яка є різальною кромкою теоретично точної фрези, буде кривою другого порядку. Визначено таку комбінацію інструментальних кутів, за яких передня площина буде проходити через вершину конічної вихідної інструментальної поверхні, що забезпечить отримання прямолінійної різальної кромки, яка є більш доцільною за технологічних міркувань. З цією ж метою отримано залежність для визначення очікуваних похибок оброблення конічної поверхні при заміні криволінійної кромки прямолінійною, яка проходить через дві точки кромки, які оброблюють радіуси  $r_1$  та  $r_2$  конічної поверхні деталі.

## НАРІЗАННЯ ТОЧНИХ АРОЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

**Воробйов С.П., Карпенко А.В., Равська Н.С.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

При нарізанні циліндричних абочних зубчастих коліс торцевими різцевими головками методом копіювання виникають похибки профілю в перерізах перпендикулярних осі колеса на деякій відстані від середнього перерізу. Встановлено, що величина похибки залежить від параметрів зубчастого колеса та радіуса різцевої головки. Найбільшого впливу на величину похибки здійснюють радіус різцевої головки та відстань розташування торцевого перерізу від середнього. При збільшенні радіуса різцевої головки похибки зменшуються, а при збільшенні відстані від перерізу похибки збільшуються. Також похибки зростають при збільшенні модуля, а зменшуються при збільшенні кількості зубів. В залежності від параметрів зубчастого колеса та інструменту похибки профілю можуть відповідати необхідній ступені точності або значно перевищувати допуск.

Отже, даним способом неможливо отримати точні циліндричні абочні зубчасті колеса в усіх перерізах перпендикулярних його осі. Тому для отримання теоретично точних абочних зубчастих коліс даним способом необхідно застосовувати додаткові переміщення при їх формоутворенні.

Додаткові переміщення реалізуються на вертстаті з ЧПК за допомогою чотирьох керованих рухів. Виведено аналітичні залежності, що дозволяють визначити величини цих переміщень в залежності від кута повороту різцевої головки навколо своєї осі. В результаті отримуємо циліндричне абочне зубчасте колесо з евольвентним профілем в усіх торцевих перерізах.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕСУВАННЯ ГУСЕНИЧНИХ РУШІВ ЕКСКАВАТОРІВ

**Вороненко В.М.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

У процесі роботи на механізми, вузли, робоче і ходове обладнання екскаваторів чинять вплив такі чинники як: конструкція і структура машини, взаємодія її механізмів, приводів та окремих елементів у структурі машини, необхідних для виконання корисної роботи, а також фізико-механічні характеристики ґрунтів і гірських порід, абразивність, кліматичні умови.

Одним з найбільш важливих показників технічного рівня гусеничних рушіїв екскаваторів є енергоємність деталей гусеничного зачеплення.

Прийнято, що питома тягова енергоємність характеризує кількість роботи, яка витрачається гусеничним рушієм при переміщенні маси екскаватора на певну відстань. Цей показник характеризує технічний рівень як гусеничного рушія в цілому, так і гусеничного зачеплення, що забезпечує передачу тягового зусилля від провідних коліс на гусеничний ланцюг.

Крок гусеничного ланцюга чинить великий вплив на роботу зачеплення. Із-за неточності виготовлення і у зв'язку зі зносом шарнірів при експлуатації дійсне значення кроку ланцюга відрізняється від проектного. За наявності великих навантажень в процесі передачі тягового зусилля від провідного колеса до гусеничного ланцюга, в зачепленні кулачок-гребінь виникають великі сили тертя. За рахунок збільшення кількості кулачків на колесі можна добитися збільшення зчіпних зусиль. Але, при проковзуванні ланцюга по ободу колеса, збільшаться втрати потужності на тертя в гусеничному зачепленні.

В ході дослідження було проведено аналіз міри впливу потужності двигунів ходу, маси і швидкості пересування на енергоємність процесу пересування.

Особлива увага була приділена встановленню залежності енергоємності від маси екскаватора. Аналіз показує, що питома тягова енергоємність залежить від конструкції гусеничного рушія, а, відповідно і від його ККД, який змінюється від 0,67 до 0,8, швидкості переміщення і збільшення коефіцієнта регресії, що веде до зниження енергоємності процесу переміщення.

В результаті аналізу були отримані залежності енергоємності від потужності приводу і від швидкості пересування екскаваторів та впливу маси екскаваторів на енергоємність процесу переміщення.

Таким чином, було з'ясовано, що при збільшенні потужності приводу енергоємність зростає (на 20%), що приведе до зайвих витрат енергії на переміщення; при зменшенні маси показник зменшується на 10%; при зменшенні швидкості пересування питома енергоємність зменшується на 50%, що у свою чергу пов'язане із зменшенням опорів в гусеничному рушієві, зменшенням зносу пари кулачок-гребінь, гусеничних ланок і, відповідно, підвищенню довговічності механізму пересування в цілому.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ РЕМОНТА БУКСОВЫХ УЗЛОВ МОСТОВОГО КРАНА (320Т)

**Гавриш П.А.**

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Более 80% парка грузоподъемных кранов в Украине исчерпали свой нормативный срок эксплуатации, поэтому своевременный и качественный ремонт узлов и деталей крана должен обеспечить дальнейшую безаварийную работу.



Рис. 1 - Трещина в буксовом узле

Ремонт буксовых узлов кранов большой грузоподъемности (более 100т) должен выполняться с учетом наличия больших толщин сварных узлов (более 15мм), а, следовательно, и повышенным тепловложением при сварке. Особую роль играет поперечная усадка сварного шва. Применяя уравнения температурного поля от линейного источника тепла и уравнения перемещения кромки пластины по теории упругости можно представить формулу для

теоретически возможной поперечной усадки (1).

$$\Delta_{\text{поп}} = A \frac{\alpha}{c\gamma} \cdot \frac{q}{V_c \cdot \delta}, \quad (1)$$

где  $\frac{\alpha}{c\gamma}$  – теплофизический параметр;  $A$  – коэффициент, который зависит от многих факторов: удельной погонной энергии, способа сварки, конструктивных особенностей сварного соединения;  $\frac{q}{V_c \cdot \delta}$  – удельная погонная энергия сварки.

Снижая тепловложение в основной металл при сварке, например, применяя плазменную сварку, либо используя при ремонте технологию СМТ, или технологию «холодного» переноса металла (Cold Metal Transfer), а также импульсную сварку снижается возможность образования трещин как горячих, так и холодных, тем самым повышается эксплуатационная надежность грузоподъемного оборудования.

Зависимость погонной энергии  $q_n = q/V_c$  от геометрических параметров сварных швов определяется по формуле

$$\frac{q}{V_c} = Q_v \cdot F_{\text{ш}}, \quad (\text{кал/см}) \quad (10.1)$$

где  $F_{\text{ш}}$  – площадь поперечного сечения шва,  $\text{см}^2$ ;  $Q_v$  – коэффициент, зависящий от способа сварки;  $Q_v = 9000 \text{ кал/см}^3$  при сварке в  $\text{CO}_2$ ;  $Q_v = 12000 \text{ кал/см}^3$  при ручной сварке электродами УОНИ 13/45;  $Q_v = 12500 \text{ кал/см}^3$  при сварке под слоем флюса.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОТВОРІВ ПРИ СВЕРДЛІННІ ВПКМ

**Глоба О.В., Гречук А.І.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Високоміцні композиційні матеріали (ВПКМ) володіють високою міцністю, корозійною та температурна стійкістю, що зумовлює їх незамінність та широке застосування в різних галузях промисловості. Серед яких: авіа- (23%), судо- (15%), автомобілевиробництво (16%), вітроенергетика (16%), будівництво (13%) та інше (17%) [3]. Найпоширенішими способами з'єднання деталей з ВПКМ є болтові, кепочні та клеєві з'єднання. Шляхом здійснення клепочних і болтових з'єднань є попередня механічна обробка отворів, яка потребує високих параметрів якості за для забезпечення надійності кріплення.

Механічна обробка отворів у ВПКМ супроводжується розшаруванням верхніх шарів матеріалу, роздробленням внутрішнього об'єму матеріалу, незрізаними волокнами та деструкцією композиту в процесі свердління [1], [3].

Для уникнення викришування, необхідності додаткової обробки для зняття незрізаних волокон, деструкції, можна застосувати метод термодинамічного укріплення (ТДУ). ТДУ - це явище, яке виникає при обробці ВПКМ, при якому тепловиділення в зоні різання досягає температур, близьких до температур плавлення зв'язуючої речовини ВПКМ. При цьому розплавлена зв'язка заповнює викришування внутрішньої поверхні отвору і приплавляє до них незрізані волокна, тим самим укріплюючи роздроблену частину поверхні і формуючи її спинкою свердла. В даному випадку, доцільно використовувати спеціальні свердла, що мають вигладжуючу спинку.

Явище ТДУ дозволить уникнути деструкції матеріалу, необхідності додаткової обробки отвору (зняття незрізаних волокон), а також зміцнення внутрішньої поверхні отвору та підвищення параметрів якості отвору, які особливо впливають на надійність болтових та заклепочних з'єднань деталей з ВПКМ.

Для прогнозування ТДУ необхідне моделювання процесу свердління, з точки зору розподілення теплоти в зоні різання, щоб досягнути необхідної температури різання, а також її підтримання, варіюючи геометричними параметрами свердла, режимами обробки в залежності від фізико-механічних та хімічних характеристик оброблюваного матеріалу.

Загальна кількість теплоти визначається як сума теплоти, які виділяють ріжучі кромки і перемичка свердла. Кількість теплоти можна визначити використовуючи формулу затраченої роботи (1).

$$A = \int \vec{F} \cdot d\vec{L}, \quad (1)$$

Сили, які діють на різальні кромки і перемичку в процесі свердління зводяться можна визначити як складові сили різання [5]. Вибір коефіцієнтів для розрахування сил залежить від геометрії свердла та зносу різальних кромки. Сукупність розрахункових коефіцієнтів забезпечують врахування деформацій

при свердлінні в залежності від параметрів геометрії та зносу свердла а також від типу оброблюваного композиту.

Переміщення  $d\bar{L}$  визначається як сукупність радіального і лінійного кромок свердла.

За формулою (2), [1, 6] визначається кількість теплоти, яка передається від інструменту до заготовки.

$$Q_{загот.} = \frac{Q_{інстр.}}{1 + \sqrt{\frac{\lambda_s \cdot \rho_s \cdot c_s}{\lambda_c \cdot \rho_c \cdot c_c}}}; \quad (2)$$

де  $\lambda_s, \lambda_c$  - теплопровідність,  $W/сек \cdot K$ ;  $\rho_s, \rho_c$  - густина,  $г/мм^3$ ;  $c_s, c_c$  - теплоємність,  $Дж/г \cdot K$ .

Розподілення температур в заготовці визначається за формулою (3).

$$Q(x, y) = \frac{Q_{загот.} \cdot \sqrt{c_c}}{2\lambda_c \sqrt{\pi \cdot x \cdot v}} \cdot e^{\left(\frac{v \cdot y^2}{4c_c \cdot x}\right)}; \quad (3)$$

де  $v$  - швидкість переміщення свердла,  $(мм/с)$   $x, y$  – координати розглядаємих точок заготовки,  $(мм)$ .

Теоретичне визначення температурного поля дозволяє проаналізувати вплив геометрії свердла, типу оброблюваного композиційного матеріалу, геометрії, заточки та зносу свердла на тепловиділення при свердлінні для визначення необхідної температури для здійснення явища ТДУ. Це дасть змогу уникнути деструкції матеріалу, необхідності додаткової обробки отвору, а також зміцнення внутрішньої поверхні отвору та підвищення параметрів якості отвору, які особливо впливають на надійність болтових та заклепочних з'єднань деталей з ВПКМ.

**Література:** 1.Залого В.А. Измерение температуры при сверлении волокнистых полимерных композиционных материалов. / В.А. Залого, Д В. Криворучко, В.А. Колесник, А.А. Нешта, И.О. Осадчий // Резание и инструмент в технологических системах. – 2013. - №83. – с.138-145. 2.Золотухин Ю.А., Ярышев Н.А., Моделирование и расчет температурных полей в переходных процессах теплопроводности, С. 249-256, 2001. 3. Коваленко В.А. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности / В.А. коваленко, А.В. Кондратьев // Авиационно-космическая Техника и Технология. – 2011. - №5. – стр.14-20. 4. Самчук В. В. Підвищення ефективності механічної обробки виробів із полімерних композитних матеріалів. / В.В. Самчук // Верстати та інструменти. – 2014. - №13. – с.107-115 5. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных материалов. – Л.:Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1987.-176 с, ил. 6. Wang H. Tribological simulation of porous self-lubricating PEEK composites with heat-stress coupled field / Huaiyuan Wang, Dajuan Liu, Lei Yan, Chao Wang, Shuhui Yang, Yanji Zhu // Tribology International. - #77. – 2014. – р. 43-47.



## АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ ОСАДКИ

Гончарук К.В., Алиева Л.И., Грудкина Н.С., Таган Л.В., Шкира А.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

На сегодняшний день преимущественным является применения осадки кольцами в результате которой, происходит комбинированное течение металла. Данное распределение течения металла актуально, как для процессовковки крупных поковок, при котором происходит вытеснение некачественного металла бесприбыльного слитка в отверстие кольца, так и для процессов холодной штамповки при получении деталей с отрезком. Во всех случаях возможно применение плит различной конфигурации: плоских, вогнутых и выпуклых. Соответственно, актуальным является математический анализ энергосиловых параметров процессов комбинированной осадки.

Для решения данных задач выбран энергетический метод (ЭМ). ЭМ приемлем для процессов формоизменения, когда требуется разработка математических моделей, которые позволили бы оценить не только развитие энергосилового режима, включающего активную деформирующую нагрузку, но и прогнозировать характер и особенности нарастания размеров и формирования контура поковки.

Согласно ЭМ в деформируемой заготовке выделяют ряд характерных пластических зон – кинематических модулей (элементов). Для каждого модуля находят кинематически возможное поле скоростей (КВПС) и на его основе полную мощность деформирования, минимизация которой позволяет оптимизировать параметры процесса деформации и уточнить оценки силовых параметров и картин пластического течения.

Основное уравнение энергетического баланса мощностей внешних и внутренних сил (деформирования, среза и трения) на КВПС связывает мощность внешних активных сил с мощностью внутренних сил:

$$p \cdot F \cdot V_0 = \iiint_V \sigma_s \cdot \dot{\epsilon}_i dV + \iint_{F_T} \tau_k \cdot [V_k] dF_T + \iint_{F_c} \tau_s \cdot [V_c] dF_c .$$

Из уравнения энергетического баланса мощностей получено значение давления деформирования  $p$  и приведенное давление:

$$p = \frac{\sum N_{di} + \sum N_{Tj} + \sum N_{ck}}{F \cdot V_0}, \quad \bar{p} = \frac{p}{2k} = p/\sigma_s ;$$

где  $\sigma_s$  - напряжение текучести материала заготовки, МПа;

$k$  - постоянная пластичности, МПа,  $k = \sigma_s/\sqrt{3}$ .

Схема разбивки очага деформации на прямоугольные блоки представлена на рис. 1

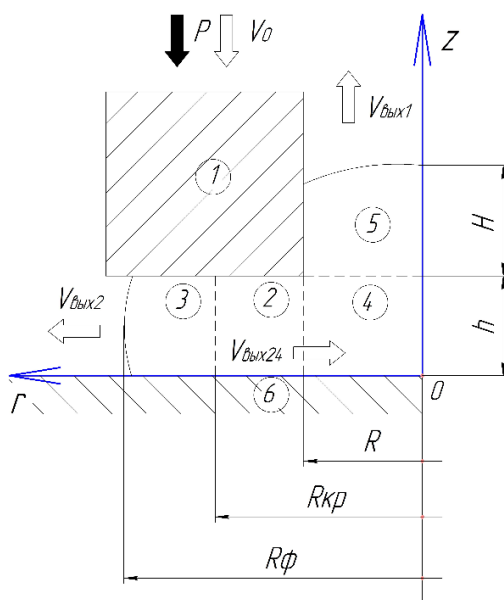


Рис. 1 Расчетная схема процесса

Для проведения математических исследований варьировались радиус отростка и высота фланца. Используя математический аппарат, были построены графики зависимости энергосиловых параметров от геометрии процесса. Исходя из полученных данных, были построены графики зависимости приведенного давления от разных геометрических параметров (рис. 2).

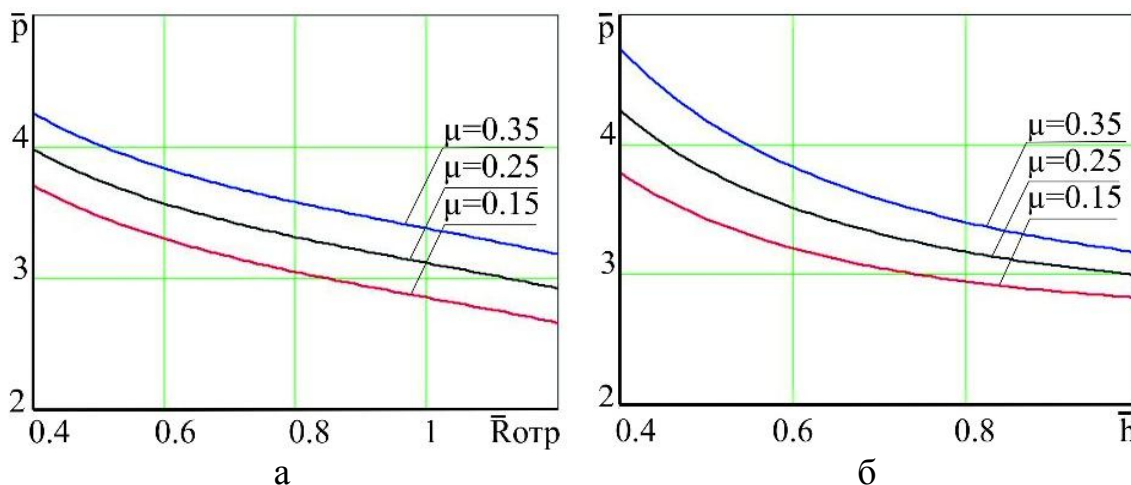


Рис. 2 Графики зависимости приведенного давления от относительного радиуса отростка (а) и от относительной высоты фланца (б)

С изменением геометрических параметров приведенное давление процесса снижается при разных коэффициентах трения. Данный характер распределения значений связан с уменьшением величины очага деформации и увеличением степени деформации.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ «ЦИФОТЕК» В ЗАДАЧАХ АКТИВНОГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ

<sup>1</sup>Давиденко А. П., Игнатова Е. Н.; <sup>2</sup>Славков В. Н.

(<sup>1</sup>НПП Интертек, *ien@intertek.com.ua*; <sup>2</sup>НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Методы теплового контроля позволяют осуществлять оперативное, информативное и непрерывное наблюдение за состоянием исследуемых объектов. Тепловой метод основан на исследовании тепловых полей, по которым можно диагностировать наличие внешних или внутренних дефектов.

Предлагается для теплового контроля в области высоких температур использовать цифровой фотоаппарат работающий в видимом диапазоне спектра.

Появление компьютерных систем реального времени, позволило исследовать тепловые процессы, которые развиваются в течение коротких интервалов времени, диффузия тепла не успевает сгладить температурные градиенты, возникающие в объеме контролируемого тела и качество термограмм приближается к изображениям, получаемых с помощью радиационных, ультразвуковых и других методов НК. Активный тепловой контроль позволяет обнаруживать несплошности (трещины, пористость, инородные включения) в объекте контроля, изменения в структуре и физико-химических свойствах материалов таких как теплопроводность, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи. Получить изображение теплового поля позволяют тепловизоры, но применение тепловизоров, за редким исключением, ограничивается низкотемпературными измерениями (до 600°C), тепловизоры имеют невысокое пространственное разрешение в связи с малыми размерами принимающей матрицы. Так японский тепловизор NEC H2640 имеет предел 2000°C, матрицу размером 640×480 пикселей и пугающую цену – 771678 грн. Значительная стоимость зарубежной тепловизионной, экономические условия в стране, отсутствие собственного производства тепловизоров требуют разработки новых методов теплового контроля металлов, которые позволят, с достаточной вероятностью, проводить идентификацию дефектов в объектах, нагретых до температур выше 600°C.

Предлагается для теплового контроля в области высоких температур использовать систему «ЦИФОТЕК» на базе специализированного программного

обеспечения и цифрового фотоаппарата, работающего в видимом диапазоне спектра, имеющего значительно меньшую цену (до 7 тыс. грн.) и светочувствительную матрицу 3648×2736 (10,2 млн. пикселей), обеспечивающую на расстоянии 10 метров от объекта пространственное разрешение 0,8 мм. Показана возможность использования матрицы фотоаппарата в качестве детектора теплового излучения металлов при высокотемпературном нагреве; разработана процедура калибровки ЦФ; установлены основные теоретические положения метода и разработаны программные алгоритмы, позволяющие получить распределение значений температур  $T(x, y)$  на поверхности металла и значения температурных контрастов, вызванных влиянием дефектов; определить значение удельной массовой теплоемкости металлов; строить модели температурных полей на поверхности металлов при воздействии  $n$ -го количества нагревателей, для достижения равномерного разогрева; установить распределение значений коэффициента излучательной способности по поверхности; обеспечить автоматическое управление процессом съемки, и получить, серии температурных изображений (термофильмы) для последующей их обработки и идентификации дефектов.

Разработан инновационный подход к организации активного теплового контроля качества и теплофизических параметров горячих заготовок на всех этапах металлургического производства. Система «ЦИФОТЕК» может быть использована в качестве альтернативы или дополнения ультразвуковым методам неразрушающего контроля на горячих заготовках, что приведет к сокращению времени выполнения технологического контроля.

Эксплуатацию можно проводить в цеховых условиях с помощью простого и дешевого оборудования, запатентованном методе измерения и визуализации результатов контроля в реальном режиме времени.

**Литература:** 1. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. Справ. Изд. М.: Металлургия 1989 2. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика Т.2: Теория равновесных систем: Статистическая физика.

## ФОРМУВАННЯ РАДІСУ ОКРУГЛЕННЯ РІЗАЛЬНИХ КРОМОК ЗУБОНАРІЗНИХ ЗУБКІВ ПРИ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ

<sup>1</sup>Джулій Д.Ю., Майборода В.С.; <sup>2</sup>Emmer T.  
(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна; <sup>2</sup>OVGU, Magdeburg, Deutschland)

Магнітно-абразивне оброблення (МАО), як метод фінішного оброблення твердосплавного різального інструменту має ряд переваг в порівнянні з іншими, оскільки він забезпечує комплексний вплив на фізико-механічні властивості поверхневих шарів та забезпечує формування необхідної мікрогеометрії робочих поверхонь, радіусів округлення та форми різальних кромок (РК).

Виконано МАО твердосплавних зубків, які використовуються для фрезерування зубчастих коліс. МАО виконали для 6 груп зубців, варіюючи кут базування відносно оправки  $\alpha$ , та загальний час оброблення  $t$ . Після оброблення знижується шорсткість передньої та задньої поверхонь, відбувається притуплення РК, зникають викришування та сколювання, що присутні на зубцях у вихідному стані. При МАО формуються радіуси округлення РК, що забезпечить більш високу роботоздатність. Отримані величини радіусів округлення РК та К-фактору представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Величини радіусів округлення РК та К-факторів

Умови МАО	Вихідна бічна РК		Вихідна РК на вершині		РК на вершині зуба		Вхідна РК на вершині		Вхідна бічна РК	
	Радіус, мкм	К-фактор	Радіус, мкм	К-фактор	Радіус, мкм	К-фактор	Радіус, мкм	К-фактор	Радіус, мкм	К-фактор
Без МАО	5,94	1,1	6,5	1	6,57	1,05	5,4	0,89	5,42	0,99
$\alpha=0^\circ$ , $t=3\text{хв}$	21,1	1,03	18,4	0,97	23	0,87	30,68	0,86	19,57	1
$\alpha=0^\circ$ , $t=5\text{хв}$	19,95	1,03	25,18	0,77	24,8	1,01	34,6	0,98	21,75	1,04
$\alpha=0^\circ$ , $t=8\text{хв}$	35,44	1,02	58,6	0,91	42,43	1,03	48,53	0,9	38,18	1,1
$\alpha=45^\circ$ , $t=3\text{хв}$	15,97	1,04	15,85	1,11	23,85	1,14	19,05	1,31	15,77	0,99
$\alpha=45^\circ$ , $t=6\text{хв}$	28,42	1,02	47,23	0,92	25,4	1,46	43,6	1,19	29,78	1,08
$\alpha=90^\circ$ , $t=6\text{хв}$	13,21	1,05	29,73	0,88	24,33	0,87	30,77	1	26,53	0,98

Зі збільшенням часу оброблення величини радіусів округлення РК збільшуються, а величина К-фактору при цьому значних змін не має. К-фактор залежить від умов з якими передня та задня поверхні взаємодіють з магнітно-абразивним інструментом в процесі оброблення, а це залежить від параметрів базування та переміщення оброблюваних деталей в робочій зоні. Визначено, що в процесі оброблення не відбувається формування несприятливої форми округлення РК, а формуються РК з величиною К-фактору близькою до 1. МАО забезпечує стійке збільшення величини округлення РК, підвищення твердості робочих поверхонь та зниження їх шорсткості.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БАШТОВОГО КРАНА

**Дорохов М.Ю., Величко Н.В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Баштовий кран є одним з видів вантажопідйомного устаткування, який належить до числа найбільших будівельних машин. Він використовується для підйому, переміщення, транспортування різних вантажів на будівельних майданчиках, залізничних вокзалах і різного роду гаванях.

Динамічні навантаження виникають в період пуску-гальмування механізмів крана внаслідок дії прискорення або уповільнення. Кран представляє пружну систему, тому сили інерції викликають коливання його елементів, які тривають деякий час і після закінчення перехідних процесів.

Джерелом великих динамічних навантажень можуть бути поштовхи і удари, що досягають великої сили при великих зазорах в передачах механізмів, несправних стиках рейкових шляхів, зносі опорно-поворотних пристроїв і т. п.

Динаміка підйому. При розгоні (гальмуванні) механізму підйому вантажу зовнішній силовий вплив викликає коливання як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках. Досліди і розрахунки призводять до наступних висновків: 1) коливання вантажу і крана не впливають на рух механізму підйому, так як момент інерції ротора електродвигуна зазвичай становить близько 80% сумарного моменту; 2) вертикальні коливання вантажу щодо крана швидко загасають через великий внутрішній опір каната; 3) низькочастотні горизонтальні коливання вантажу не встигають істотно розвиватися за час пуску (зупинки); 4) зважаючи на відносно велику податливість конструкції крана підхоплення вантажу із землі не є небезпечним.

Горизонтальні динамічні навантаження істотні для кранів з поворотною баштою, так як остання має відносно малу жорсткість. Представляють інтерес також випадки миттєвого зняття навантаження при обриві строп і при швидкому розвантаженні (робота крана з грейфером). Найбільш ефективним засобом є плавне регулювання швидкості за рахунок використання різних пристроїв для плавної посадки вантажу або застосування приводу постійного струму.

Динаміка пересування. Як і в розглянутому раніше випадку підйому, коливання крана і вантажу практично не впливають на розгін (гальмування) механізму пересування. При визначенні махового моменту механізму пересування крана до вала ротора зводиться момент всіх мас крана, а механізму пересування вантажного візка – момент його маси.

Навантаження від сил тертя в механізмах. Сили тертя виникають в канатних поліспадах, передачах, підшипниках і т. п. Звичайно значення цих сил обчислюються, виходячи з певних величин коефіцієнтів тертя. Між тим внутрішні опори, як і зовнішні навантаження, мають діапазон, що залежить від багатьох причин (точність виготовлення, ступінь зносу, стан змащення, метеорологічні умови і т. п.). Тому їх слід розглядати як випадкові величини і, призначаючи значення найбільших опорів тертя по однократному навантаженню, враховувати ймовірність його появи.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ РАЗМЕТКИ ПРИ РАСКРОЕ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРАНОВЫХ МОСТОВ**

**Дорохов Н.Ю.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Заготовки из листового и профильного проката размечают на стеллажах или плитах. Это операция трудоемкая и требует высокой квалификации рабочих. Существует разметка плоскостная (на листах и профилях) и пространственная (при сборке). При разметке вручную разметчик на основании карты раскроя, используя мерительный и разметочный инструмент, размечает лист, а затем накернивает риски для их сохранения и далее маркирует и комплектует заготовки. Разметку, в основном, применяют в единичном и мелкосерийном производстве.

Наиболее перспективна лазерная разметка, она является одной из самых передовых технологий в области раскроя листового металла. С помощью этой технологии осуществляют раскрой листовых материалов, таких как конструкционная сталь, нержавеющая сталь и алюминий.

Лазерная разметка эффективна для мелкосерийного производства. Она сокращает время подготовки производства, дает возможность в любой момент внести корректировки любой из деталей. Кроме того, за счет максимального расположения деталей на листе, удается значительно экономить материал и тем самым удешевлять себестоимость продукции.

Лазерная разметка производится путем локального разогрева металла сфокусированным на его поверхность лазерным излучением. Небольшая доля падающего излучения поглощается поверхностным слоем и приводит к его нагреванию. Образующаяся пленка окислов увеличивает долю поглощаемой энергии, и температура металлов возрастает до точки плавления.

Преимущества технологии лазерного раскроя:

- возможность изготовить изделия любой сложности, любой формы и конфигурации с точностью до 0,1 мм;
- низкая себестоимость за счет высокого качества реза, что позволяет исключить или снизить затраты на дальнейшую механическую обработку;
- минимальное количество отходов и экономный расход листового металла в процессе производства за счет оптимальной раскладки деталей на листе;
- универсальность оборудования позволяет изготавливать детали практически по любым чертежам.

Использование лазерной технологии практически не имеет недостатков при раскросе металла, при резке существуют ограничения по толщине разрезаемого материала.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ОДНОБАЛОЧНОМ МОСТОВОМ КРАНЕ С КОНСОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОЙ ТЕЛЕЖКОЙ

**Дорохов Н.Ю., Воронина А.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В производственных цехах, на складах, в крупных магазинах, на стройке, в ангарах и доках для перемещения тяжёлых предметов применяются подъёмно-транспортные механизмы. Особую популярность имеют мостовые краны. Мостовой электрический кран является одной из наиболее распространенных грузоподъемных машин.

Особенностью конструкции однобалочных кранов является консольное расположение грузовой тележки, при этом тонкостенная главная балка наряду с изгибом испытывает и деформацию кручения. В связи с этим, исследование динамических нагрузок данного типа кранов представляет значительный практический интерес.

Цель работы. Построение математической модели мостового однобалочного крана с консольно расположенной тележкой, решение уравнений динамики, нахождение постоянных величин уравнений.

Объектом исследования являются динамические процессы в металлоконструкции мостового крана при выполнении операций подъема-опускания груза.

В общем случае при составлении расчетных динамических схем кранов следует учитывать количество сосредоточенных масс; распределение масс по длине силового элемента; податливость силовых элементов и возможность ее изменения в конкретной ситуации; зависимость движущих и тормозных усилий приводных двигателей от частоты вращения ротора или якоря; изменение тормозных усилий механических тормозов во времени; изменение приведенных масс механизмов и т.д. В каждом конкретном случае динамического расчета одни физические факторы являются главными, определяющими, а другие – второстепенными.

Анализ известных исследований показал, что не все аспекты вопросов эксплуатации однобалочных кранов с консольным расположением тележки, были изучены детально.

Расчет динамических нагрузок, возникающих при подъеме груза с абсолютно жесткого основания при работе двигателя на самой жесткой механической характеристике показал, что величины нагрузок в после отрывной стадии имеют одночастотный характер, а максимум возникает в первом колебании низшей частоты. Для оценки влияния жесткости при кручении и моментов инерции главной балки и тележки на нагрузки будет проведен расчет для тех же параметров крана при условии, что кручение главной балки отсутствует.



## **АНАЛИЗ НАГРУЗОК В КОЛЕНАХ АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКА ПРИ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПОЛОЖЕНИЯХ**

**Дорохов Н.Ю., Марченко А.А.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Автомобильные подъемники являются одним из ведущих звеньев системы строительного-монтажных машин, обеспечивающей комплексную механизацию строительства, высокие темпы и индустриальные методы производства работ. Увеличение объемов и рост темпов монтажных и строительных работ, особенно в условиях реконструкции и технического перевооружения предприятий и промышленных объектов, требуют совершенствования средств механизации, в том числе и автомобильных подъемников.

Работы по совершенствованию этих машин, созданию новых моделей ведут специализированные конструкторские организации, конструкторские бюро заводов-изготовителей. Исходя из этого разрабатываются новые методы по расчету и вычислению усилий в системе телескопирования автоподъемников. Следует учесть, что в различных положениях колен во время работы усилия изменяются в достаточно широких пределах.

Основной целью работы является исследование усилий, возникающих в коленях подъема монтажной площадки автогидроподъемника при основных рабочих положениях.

Основными задачами проведения исследования были: рассмотрение основных рабочих положений автоподъемника; расчет усилий возникающих в гидроцилиндре и канатах подъема при основных рабочих положениях; анализ влияния рабочих положений на усилие в гидроцилиндре и канате подъема колен.

В процессе составления расчетных учтены усилия, создаваемые грузоподъемностью, весом верхнего и нижнего колен, с учетом веса монтажной площадки, гидроцилиндров и канатно-блочной системы.

Рассмотрены основные рабочие положения автоподъемника. Анализ полученных результатов показал величину максимальных усилий в коленях.

При создании математической модели работы автогидроподъемника впервые было учтено движущее усилие в штоке гидроцилиндра (как переменная величина).

В дальнейшем планируется проведение исследований в виде численных экспериментов с учетом ранее полученных результатов

## О РОЛИ ЗОНЫ СПЛАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ ХОЛОДНЫХ ОКОЛОШОВНЫХ ТРЕЩИН В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ СТАЛЕЙ

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

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о достаточно высокой вероятности зарождения и развития разрушения в зоне сплавления сварных соединений среднеуглеродистых низколегированных сталей типа 30ХГСА, 33ХСН<sub>2</sub>МА, 35ХМ и др. Рассматривая возможные причины значительности роли зоны сплавления в процессе образования холодных трещин, следует учитывать, что:

1. Данная область сварного соединения по многим параметрам существенно отличается от других его участков, более или менее однородных по своему физическому состоянию и химическому составу. Эти различия просматриваются, как и при аустенитном металле шва, довольно явно, поскольку в соединении участвуют низкоуглеродистый низколегированный ферритный или ферритно-перлитный металл шва и более легированный углеродом и другими элементами-упрочнителями, как правило, бейнитно-мартенситный участок околошовной зоны.

Физическое состояние зоны сплавления характеризуется повышенной дефектностью кристаллической решетки. Это выражается в скоплении здесь точечных и линейных дефектов (вакансий, дислокаций) и объясняется тем, что данная зона представляет собой очень узкий переход между различными по структуре и содержанию примесей и легирующих элементов участками. Являясь локализованной областью внутренних напряжений и деформаций, данные дефекты могут играть существенную роль в возбуждении межкристаллического разрушения металла, в особенности, в температурной области возникновения холодных трещин.

Развитие химической неоднородности, в частности, повышенная концентрация легирующих элементов и примесей (углерода, кислорода, серы, фосфора и др.), имеющих высокую склонность к ликвации. Это связано с лучшей растворимостью названных элементов в жидком металле, а также с их сравнительно высокой диффузионной подвижностью и отмеченной ранее неоднородностью распределения несовершенств кристаллической решетки, способствующих значительному ускорению диффузии названных элементов и их «оседанию» на этих дефектах.

Отмеченные выше процессы приводят к появлению скоплений неметаллических включений неблагоприятной морфологии в полосе неоднородности у границы сплавления. Скопление таких включений должно приводить к существенному ухудшению механических свойств металла в зоне сплавления, в особенности, его вязкости и пластичности, что увеличивает опасность появления отколов. Кроме того, включения на данном участке являются одной из главных причин зарождения горячих микронадрывов, которые в дальнейшем могут развиваться в холодные трещины-отколы.

## **ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ**

**Калафатова Л.П., Ярошевский С.П.**  
*(ДонНТУ, г. Красноармейск, Украина)*

Тенденция к снижению материалоемкости продукции в машиностроении обуславливает увеличение объема выпуска деталей малой жесткости. Однако при этом одной из трудноразрешимых технических проблем, возникающих при механической обработке деталей подобного класса, являются вибрации, снижающие качество изделий, производительность обработки и стойкость инструмента. Качество изделий, эксплуатационные характеристики деталей машин и надежность их работы в значительной степени зависят от технологии их изготовления. Известны основные технологические способы повышения качества обработки изделий машиностроения, определяемого в значительной степени состоянием обработанной поверхности, включающие выбор рациональных видов, схем и режимов обработки, характеристик оборудования и режущих инструментов, свойств используемых технологических сред, динамического состояния элементов технологической системы резания и т.д. При обработке различных по физико-механическим свойствам конструкционных материалов изменяются приоритеты в использовании тех или иных способов повышения качества обрабатываемой поверхности. Поэтому выбор перечисленных технологических параметров необходимо осуществлять в строгой зависимости от требуемого качества изделий и свойств заготовки, используя знания об их влиянии на условия процесса резания, интенсивность развития нарушенного обработкой слоя деталей. Технологическое обеспечение и повышение качества деталей машин могут быть успешно реализованы только при выявлении связи их эксплуатационных свойств с параметрами состояния поверхностного слоя обработанных поверхностей, возможностями и закономерностями технологического обеспечения этих параметров. Для решения сформулированной задачи используется комплексный подход к обоснованию и технологическому обеспечению прогрессивных методов обработки, структуры технологического процесса и выбору рациональных параметров их реализации, что обеспечивает повышение качества деталей машин и эффективность современного производства на основании разработки практических рекомендаций для их реализации в конкретных условиях.

В представленных результатах исследований основное внимание уделено обоснованию технических характеристик используемого оборудования и режущих инструментов, которые позволяют стабилизировать динамическое состояние технологической системы обработки, улучшив качественные показатели формируемой поверхности, и отказаться за счет этого от ряда промежуточных и финишных операций механической обработки маложестких деталей. При этом изменение структуры технологического процесса повышает производительность обработки без ущерба качеству выпускаемой продукции.

# ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ С БОРИДНЫМИ СЛОЯМИ ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ СТАЛЕЙ

Калиниченко В. В., Щусь Д. В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из основных направлений повышения стойкостных характеристик твердосплавного режущего инструмента является нанесение на его рабочие поверхности износостойких покрытий. В качестве перспективных материалов слоев износостойких покрытий для твердосплавного режущего инструмента могут быть предложены высокотвердые бориды переходных металлов IV–VI групп Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева (диборид титана  $TiB_2$ , диборид тантала  $TaB_2$ , диборид гафния  $HfB_2$  и др.), неоспоримыми достоинствами которых являются высокая температура плавления, коррозионная стойкость, теплопроводность. Вместе с тем, широкое применение режущих инструментов с износостойкими покрытиями с боридными слоями должно базироваться на научно обоснованном решении проблемы обеспечения высоких показателей стойкости такого инструмента.

Влияние износостойкого покрытия на изнашивание режущего инструмента состоит в повышении сопротивляемости инструмента процессу изнашивания при одновременном снижении факторов внешнего воздействия, обуславливающих изнашивание. В связи с этим, в качестве определяющих факторов обеспечения высокой стойкости режущего инструмента с покрытием следует отметить:

– сопротивляемость покрытия процессам изнашивания контактного слоя, обеспечиваемая высокой твердостью материала слоя;

– сопротивляемость покрытия процессам локального разрушения в результате растрескивания и отслаивания слоев под воздействием комплекса термомеханических явлений при резании, обеспечиваемая высокими показателями когезионной и адгезионной прочности материала слоя.

Если высокая сопротивляемость боридных слоев изнашиванию гарантируется их высокой твердостью, то обеспечение когезионной и адгезионной прочности представляет серьезную проблему вследствие хрупкости боридов и невысокой прочности их адгезионной связи с материалами основы и других слоев покрытий. Для решения этой проблемы предлагается использование в качестве слоев покрытий наноструктурированных боридных пленок, включающих зерна кристаллической фазы средним размером  $d < 50$  нм и межзеренные прослойки аморфной фазы. Особенностью наноструктурированных слоев является возможность направленного изменения механических свойств материала слоя за счет модификации его размерно-структурных характеристик (типа структуры, среднего размера  $d$  зерна и объемной доли  $\omega$  прослоек аморфной фазы) при варьировании технологических режимов нанесения слоя.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ БОРИДНИХ ШАРІВ ДЛЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Калініченко В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Серед перспективних матеріалів шарів зносостійких покриттів для різальних інструментів все більшу увагу дослідників привертають бориди перехідних металів IV–VI груп Періодичної системи хімічних елементів Д. І. Менделєєва ( $TiB_2$ ,  $TaB_2$ ,  $HfB_2$  та ін.). Окрім найвищої серед сполук перехідних металів твердості, бориди відзначаються термодинамічною стійкістю, теплопровідністю, високою температурою плавлення. Недоліками боридів перехідних металів, що стримують їхнє використання у якості матеріалів шарів зносостійких покриттів для різальних інструментів, є недостатні показники когезійної та адгезійної міцності, що обумовлюють низьку здатність до опору процесам розтріскування та відшарування шарів внаслідок дії термомеханічних явищ при різанні.

Підвищення показників когезійної та адгезійної міцності матеріалів боридних шарів покриттів можливе за рахунок збільшення співвідношення  $\frac{H}{E}$

твердості та модулю Юнга матеріалу шару. Зміна співвідношення  $\frac{H}{E}$  (індексу пластичності) матеріалу шару покриття може бути забезпечена за рахунок використання у якості шару наноструктурованої боридної плівки, структура якої містить нанорозмірні кристалічні зерна, оточені міжзеренними прошарками аморфної фази. До основних розмірно-структурних характеристик матеріалів наноструктурованих шарів належать тип структури, середній розмір  $d$  зерна кристалічної фази, об'ємна частка  $\omega$  прошарків аморфної фази. Величина  $d$  справляє визначальний вплив на твердість  $H$  матеріалу наноструктурованого шару, а об'ємна частка  $\omega$  пружних прошарків аморфної фази – на модуль Юнга  $E$  матеріалу. При цьому величина  $\omega$  залежить як від розміру зерна, так і від типу структури кристалічної фази.

Метод ВЧ-магнетронного розпилювання дозволяє модифікувати розмірно-структурні характеристики матеріалів наноструктурованих боридних шарів зносостійких покриттів, забезпечуючи високі значення індексу пластичності матеріалу шару, що значно перевищують величини індексу пластичності для монокристалів відповідних боридів (наприклад, індекс пластичності матеріалу наноструктурованого шару  $HfB_2$  в 2,2 рази перевищує індекс пластичності монокристалу  $HfB_2$ , причому підвищення індексу пластичності наноструктурованого шару досягається за рахунок як підвищення твердості, так і зниження модулю Юнга матеріалу шару). Це дозволяє значно підвищити здатність шарів покриття до опору розтріскуванню та відшаруванню і, відповідно, показники працездатності інструменту з покриттям.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

**Кассов В.Д., Кошель С.П.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Ленточные конвейеры используются в большом количестве отраслей: в автомобильном производстве, с 20 века в шахтах и карьерах для транспортировки полезных ископаемых, подъема их на поверхность и перемещения к обогатительной фабрике или погрузочному пункту внешнего транспорта. Эффективность транспортирования ленточными конвейерами выше, чем другими транспортными средствами. Расходы на электрическую энергию, составляющие 35-45% издержек по эксплуатации конвейеров и влияют на себестоимость окончательно продукта.

Цель работы – рассмотрение способов понижения энергоёмкости транспортирования груза и повышение надёжности ленточного конвейера.

Объектом исследования являются сопротивления движению ленточного конвейера.

Электроэнергия, потребляемая приводными электродвигателями, расходуется на преодоление различных сопротивлений движению ленточного конвейера. На горизонтальных конвейерах средней и большой длины на преодоление основных сопротивлений движению идет от 85 до 95 % всей потребляемой энергии.

Знание методов расчета сопротивления движению ленточного конвейера позволяет предпринять научные, исследовательские и технические работы по снижению энергоёмкости транспортирования. Со снижением энергоёмкости транспортирования снижается расход узлов и элементов конвейера. Эту тенденцию можно проследить на примерах конкретных технических реализаций.

Рассмотрено процентное распределение отдельных сопротивлений движению в длинном горизонтальном ленточном конвейере и установлено, что наибольший процент у сопротивления от вдавливания роликов в ленту – 61 %.

Проведя анализ, выяснили, что основное влияние на конструкцию конвейеров оказывает требование по снижению величин сопротивлений движению и особенно главных, а также соответствующий подбор приводов и конструкции и физико-механические свойства лент. Приведены технические мероприятия, снижающие энергоёмкость транспортирования конвейерных грузов.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫВЕДЕНИЯ ИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАКЛИНИВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МАШИН НА БАЗЕ КРИВОШИПНО- ШАТУННЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Квитницкий А.М.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

При неправильной эксплуатации машин на базе кривошипно-шатунного механизма может возникнуть ситуация, когда этот механизм занимает такое положение, при котором перемещение ползуна через крайнее нижнее положение становится невозможным. Такое положение является заклиниванием. Шатун и ползун становятся в распор, а заготовка, будучи зажатой инструментом, препятствует дальнейшему его движению. Главный кривошипный вал останавливаются, а усилие заклинивания постепенно деформирует узлы и станину машины. Это происходит при увеличении коэффициента трения в подшипниках при остановке кривошипного вала под нагрузкой в пределах угла заклинивания – угла «мертвого трения». В случае если идеальное плечо крутящего момента превышает по значению величину плеча трения, то заклинивание, как правило, не происходит. В противном случае необходимо разработать мероприятия и предусмотреть в конструкции машины специальные устройства по ее выводу из состояния заклинивания.

Для вывода исполнительного механизма из состояния заклинивания применяют следующие способы:

- если идеальное плечо крутящего момента соответствует по величине плечу трения, то в момент заклинивания, не позволяя заготовке остыть, выключают муфту, затем электродвигателем разгоняют маховик до номинальных оборотов и резко включают муфту, стараясь продавить ползун через крайнее нижнее положение. Этот способ является простым и не влечет за собой материальных и трудовых затрат, но эффективен он только при легкой форме заклинивания, и используется только тогда, когда заготовка не успела остыть;

- вторым способом является попытка повернуть главный вал в обратном направлении. Для этого перебрасывают клеммы электродвигателя, преобразуя схемы соединения обмотки таким образом, чтобы электродвигатель вращался в обратном направлении, расслабляя конструкцию и приподнимая ползун для изъятия заготовки или съема инструмента;

- в случае глубокого заклинивания (когда идеальное плечо крутящего момента меньше по значению величины плеча трения или равно нулю), перед принятием мер по выведению машины из заклинивания, ее оставляют на время в состоянии распора для релаксации внутренних напряжений в конструкции. Затем пробуют вывести машину из заклинивания первыми тремя способами.

Для быстрого и эффективного вывода машины из состояния заклинивания в ее конструкцию вводят специальные устройства – гидрогайки, а также узлы предохранения от перегрузок на основе упругих, деформируемых или разрушающихся элементов, снабжая их различными датчиками.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ

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

Исследована технологическая система тяжелых токарных станков с точки зрения качества её функционирования на примере станков ПАО «НКМЗ» моделей КЖ 16274Ф3 и КЖ 16275Ф3. Применяя квалиметрический подход к исследованию качества, разработана иерархическая система свойств, составляющих качество технологической системы, находящихся на четырех уровнях рассмотрения.

Ранжирование свойств составляющих качество системы, позволило выявить наиболее важные из них, для которых разработаны методики оценки их качества и проведены статистические исследования показателей в производственных условиях. Рассматривая систему «станок – заготовка – инструмент», для характеристики свойства «состояние оборудования» использовался показатель «срок службы после капитального ремонта». Обеспеченность режущим инструментом оценивалась отношением фактического запаса инструмента к расчетному, принятому за базовый показатель.

Особое внимание уделено определению качества свойств заготовок и соблюдению нормативных показателей режимов резания. Для этого собраны статистические данные (объем выборок не менее 40), определены распределения фактических и расчетных припусков заготовок для различных диаметров заготовок. Установлено, что фактические припуски превышают расчетные в 2,5 раз, что свидетельствует о низком качестве заготовок. Получены регрессионная зависимость:  $h_{\phi} = 2,1422 \cdot D^{0,3364}$ , - зависимости фактического припуска  $h_{\phi}$  от диаметра  $D$  обрабатываемой заготовки, применение которой позволит прогнозировать фактические глубины резания.

Сравнение фактических применяемых на станках режимов резания с их нормативными значениями при обработке деталей из сталей 75ХМ и 9ХФ (при средней глубине резания  $t = 8$  мм) показало, что фактические подачи при нормативной скорости резания в 1,4 - 1,6 раз больше нормативных. Это объясняет большой расход твердосплавных инструментов (отказы в связи с поломками в среднем - 36%)

Установлено, что распределение фактических применяемых подач не противоречит нормальному закону. Получены распределения плотностей вероятности фактических применяемых глубин, подач и скоростей.

Разработаны мероприятия по повышению уровня качества технологической системы тяжелых токарных станков.



## ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХНІ ІНСТРУМЕНТУ ІЗ ПНТМ НА ОСНОВІ cBN ІЗ АМОРФНИМ ПОКРИТТЯМ

**Клименко С.Ан., Клименко С.А.**

*(ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, г. Київ, Україна)*

Дослідження виконані відносно чистової обробці ( $v = 0,33\text{--}3,00$  м/с) загартованої сталі ШХ15 (60 HRC) інструментами із ПНТМ на основі cBN без покриття та із покриттям з BN у аморфному стані.

Складові максимальних напружень на передньої поверхні інструменту в залежності від швидкості різання змінюються наступним чином: – нормальні напруження мають екстремальний характер з максимумом; – дотичні напруження монотонно спадають.

Для інструменту із покриттям, нормальна складова контактних напружень в діапазоні швидкостей до 1 м/с має менші значення ніж для інструменту без покриття, що пов'язано із більш інтенсивним зменшенням температури та нормальної сили різання в порівнянні із зменшенням довжини контакту. Тангенціальна складова контактних напружень для інструменту із покриттям має більші значення за аналогічні для інструменту без покриття, що пояснюється зменшенням температури різання – при більш високій температурі відбувається знеміцнення матеріалу стружки, яке призводить до зменшення рівня дотичних напружень. Максимальні напруження для інструменту із покриттям мають більші значення за аналогічні для інструменту без покриття у дослідженому діапазоні швидкостей різання, що в першу чергу пояснюється інтенсивним зменшенням довжини контакту зі стружкою.

Аналіз епюр розподілу нормальних та дотичних напружень на довжині контакту стружки із передньою поверхнею інструменту показує, що застосування покриття підвищує значення нормальних напружень поблизу різальній кромці  $\sim$  до 2,78 ГПа (для інструмента без покриття – 2,66 ГПа), що пояснюється більшими значеннями вихідних нормальних напружень для інструменту із покриттям, використаних для побудови епюр розподілу, а на довжині контакту  $\sim$  0,01 мм від вершини різця і до виходу стружки із контакту із передньою поверхнею інструменту, застосування покриття дозволяє знизити рівень нормальних напружень, що пов'язано із зменшенням довжини контакту. В діапазоні швидкостей різання до 1 м/с, має місто зниження нормальних напружень по всій довжині контакту в порівнянні із інструментом без покриття, що пояснюється менш інтенсивним зниженням довжини контакту і відповідно меншими значеннями нормальних напружень.

Епюри розподілу дотичних напружень для інструменту із покриттям, мають більші значення на ділянці пластичного контакту, що пов'язано із зменшенням температури різання, на ділянці пружного контакту рівень дотичних напружень має менші значення у зв'язку із більшим зменшенням сили різання відносно зменшення довжини контакту.

# РАЗРАБОТКА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВОЙСТВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВА ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА

**Ковалев В.Д., Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Кучма Е.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Качество станка с точки зрения квалиметрии - это совокупность его свойств, обуславливающих пригодность выполнять свои функции в соответствии с назначением.

Для количественной оценки качества необходимым условием является разработка иерархической системы, включающей свойства станка, находящиеся на различных уровнях - от простых свойств, показатели которых определяются метрологическими или эвристическими методами, до комплексных свойств, состоящих из более простых, находящихся на более высоком уровне, вплоть до качества в целом.

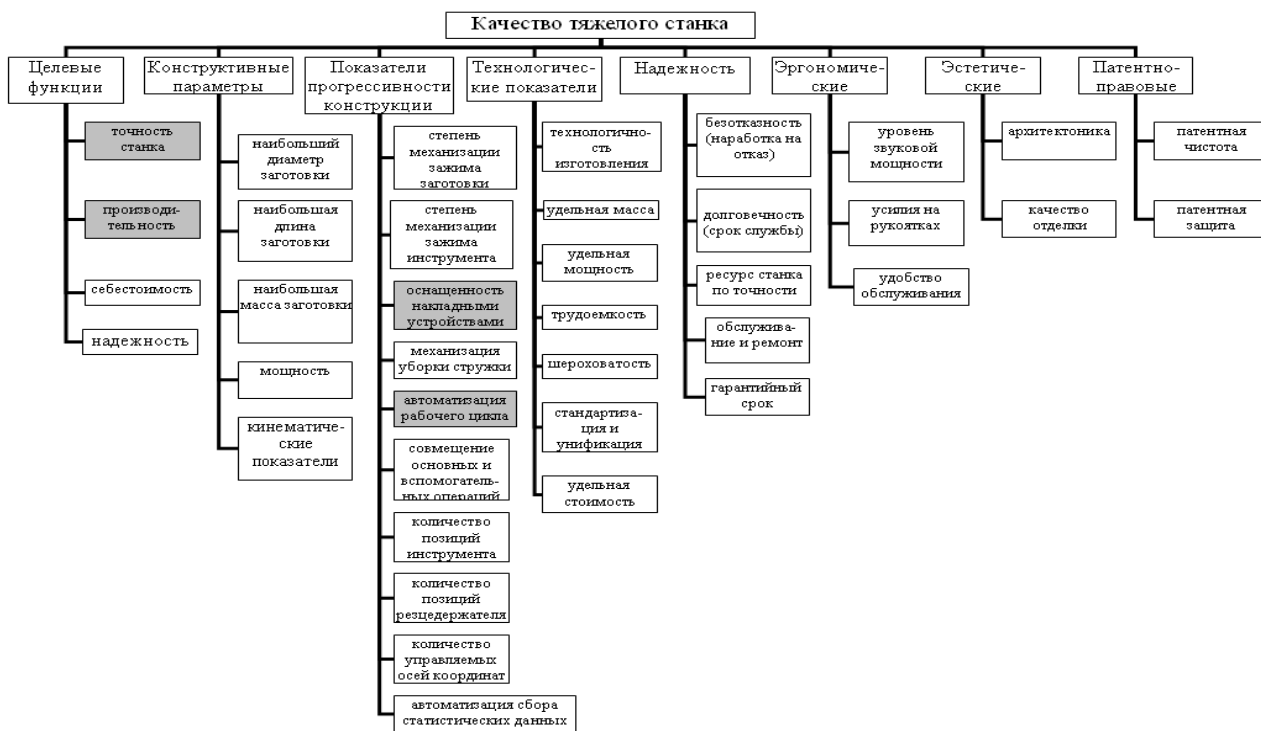


Рис. 1 - Иерархическая система свойств, составляющих качество тяжелого токарного станка

Номенклатура и весовые свойства, входящих в систему, определялись экспертным методом с привлечением специалистов станкостроительных предприятий.

Разработаны методики определения показателей простых свойств на основе статистических данных об изготовлении и эксплуатации тяжелых станков. Для определения комплексных показателей использованы математические модели квалиметрии.

Созданная иерархическая система применяется для сравнения качества разработанных конструкций станков с аналогами.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ**

**Ковалев В.Д., Лишенко А.Н.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Специфика изделий, обрабатываемых на тяжелых токарных станках, - большие массы и габариты обрабатываемых деталей, их уникальность, высокая стоимость и большая трудоемкость механической обработки предъявляют особые требования к конструкции станков, к их эксплуатации, которые существенно отличаются от традиционных решений малых и средних токарных станков.

Эффективность процесса механической обработки деталей в большой степени определяется качеством процесса эксплуатации режущего инструмента, зависящим от множества случайных факторов, сопровождающих этот процесс.

Практика показала, что часто причиной низкой эффективности нового инструмента является его применение не по назначению. Повышенный расход инструмента и дефицитных инструментальных материалов нередко связан с несвоевременной заменой инструмента, отсутствием научно обоснованных регламентов его работы и норм его расхода. Поэтому современная система эксплуатации инструмента должна включать не только нормативы режимов резания, но и подробные рекомендации по выбору инструмента, критериям и порядку его замены, нормам стойкости и т. д.

Большое рассеивание свойств обрабатываемых деталей и применяемых режущих инструментов на тяжелых станках (коэффициент вариации иногда превышает 1) свидетельствует о необходимости вероятностного подхода к определению параметров эксплуатации инструмента.

Значительное развитие информационных технологий открывает новые возможности для создания информационных банков данных на базе современной вычислительной техники. Все эти факторы приводят к необходимости усовершенствования банка данных о работе инструмента на тяжелых станках, сбора дополнительных статистических данных о характере эксплуатации инструмента, создания новых математических моделей, отражающих современный уровень процесса эксплуатации инструмента.

Для обеспечения хорошей эксплуатации тяжелых токарных станков создаются нормативы, в которых указаны режимы резания и время на обработку деталей. При разработке нормативов резания необходимо учитывать все факторы процесса рациональной эксплуатации режущего инструмента: характеристики станка, детали, режущего инструмента, надежность технологической системы, уровень качества процесса эксплуатации.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПРОДОЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА**

**Ковалев В.Д., Мельник М.С., Макогоненко В.С.**  
*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Важнейшей задачей современного станкостроения является обеспечение конкурентоспособности станочного оборудования. Эта задача решается путем повышения эксплуатационных характеристик станочного оборудования. Одной из важнейших эксплуатационных характеристик является точность обработки, обеспечиваемая этим оборудованием. Точность применяемого оборудования оказывает решающее влияние на качество и производительность обработки. Особенно это проявляется при эксплуатации тяжелых станков. Точность обработки, обеспечиваемая отдельными станками, влияет, прежде всего, на технологию изготовления изделий и сборки машин. Повышение точности обработки на чистовых операциях позволяет снизить затраты или вообще отказаться от некоторых финишных операций. Сокращение погрешностей на промежуточных стадиях механической обработки позволяет уменьшить операционные припуски и обеспечить экономию материалов, а на сборке – снизить трудоемкость сокращением объема пригоночных работ.

Целью работы является повышение точности и производительности обработки на тяжелых станках путем разработки, исследования и внедрения адаптивных систем управления точностью.

Принцип действия предложенной системы состоит в непрерывном в ходе обработки измерении отклонения действительного положения каретки суппорта от оси лазерного луча с помощью датчика (в качестве эталонной линии), и внесении коррекции в размерную настройку поперечного положения суппорта соответствующей коррекции посредством суммирующего устройства. В качестве эталонной поверхности использована поверхность равной интенсивности лазерного луча, свободная от многих недостатков, присущих направляющим станка как базовым поверхностям. А в качестве подналадочного привода использован штатный следящий привод поперечной подачи станка. По функциональным признакам система включает в себя две подсистемы. Это система привязки оптической базы и измерительно-компенсирующая система.

Был разработан вариант измерительно-компенсирующей системы на основе дискретного следящего привода и с электронным способом связи со следящим приводом поперечной подачи станка.

В функции системы привязки оптической базы входит формирование лазерного луча с необходимыми параметрами и автоматическое поддержание его заданного положения в пространстве относительно базовых поверхностей станка.

# ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА СМАЗЫВАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ, ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

<sup>1</sup>Ковалев В.Д., <sup>2</sup>Тимофеев Ю.В., <sup>2</sup>Клочко А.А., <sup>1</sup>Кравченко Д.А.  
(<sup>1</sup>ДГМА, г.Краматорск, Украина, <sup>2</sup>НТУ «ХПИ» г.Харьков, Украина)

Для исследования вопросов связанных с уточненными решениями изотермической стационарной задачи для смазывающей охлаждающей жидкости находящейся в ньютоновском состоянии рассмотрены усилия, действующие в зацеплении цилиндрических зубчатых колес с учетом сил трения, возникающих на активных поверхностях зубьев в зоне контактирования эвольвентных поверхностей и толщины масляного слоя с учетом гидродинамических характеристик смазывающей жидкости.

Формулы для определения усилий, действующих в передаче прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес аппроксимируют длину контактирования по линии трения и учитывают в качестве исходного приближения результаты приближенного решения при постоянной и переменной вязкости масла.

Для получения соответствия приближенных и уточненных решений была установлена связь между максимальным контактно-гидродинамическим давлением  $k_{0max}$  и максимальным герцевским давлением  $\sigma_{герц}$ . Анализ показал, что при любых рабочих параметрах максимальное контактно-гидродинамическое давление должно быть меньше или равно максимальному герцевскому давлению.

Целью контактно-гидродинамического расчета зубчатой передачи является установление величины толщины смазочного слоя при заданной внешней нагрузке, скорости движения для определения наличия или отсутствия жидкостного трения, с получением исходных данных для определения работоспособности и долговечности сопрягаемых тяжело нагруженных и ответственных зубчатых колес тяжелых токарных станков. По расчетной толщине смазочного слоя в зубчатых передачах определяется соответствующая гидродинамическая грузоподъемность, которая в условиях жидкостного трения обеспечивает уравнивание внешней приложенной нагрузки.

Расчет на контактную выносливость зубьев для предотвращения усталостного выкрашивания их активных поверхностей при контакте зубьев в полюсе зацепления с учетом формы сопряженных поверхностей зубьев, суммарной длины контактных линий; удельных расчетных нагрузок между зубьями и по ширине зубчатого венца, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении, в зависимости от окружной скорости и степени точности по нормам плавности работы предложено выполнять с учетом гидродинамических характеристик смазывающей жидкости.

## РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ ПОВЫШЕННОЙ КОМПАКТНОСТИ

**Ковалёва О.А.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

В тяжелом машиностроении наблюдается тенденция создания конструкций машин и систем управления повышенной компактности. Это не только эргономично и технически эстетично, но и достаточно рационально с точки зрения эффективности их эксплуатации.

На практике идея повышенной компактности реализуется в виде внедрения в тяжелое машиностроение следующих технических решений:

1 аккумуляторы, ресиверы, баки и иные сосуды, находящиеся под давлением, а также базовые элементы привода располагают как можно ближе к станине машины – это создает условия для:

- устранения жидкостного голодания рабочих цилиндров и разрыва струи рабочей жидкости при их заполнении на холостых ходах;

- уменьшения потерь высокого давления при обработке заготовки и повышения эффективности реализации технологического процесса;

- обеспечения ускоренной декомпрессии рабочих цилиндров по окончании обработки заготовки и сокращения времени возвратного хода;

2 гидролинии в виде труб, соединения которых выполняют сварными без громоздких и ненадежных фланцев, размещают внутри элементов станины, не приводя к потере ее прочности, следующим образом:

- направляющие колонны выполняют полыми с возможностью прокладывания внутри них напорных трубопроводов, концы которых через резьбовые элементы колонн выводятся к фитингам рабочих цилиндров;

- колонны совмещают в себе функции направляющих элементов и магистралей путем подвода рабочей жидкости непосредственно через отверстие внутри колонн;

3 дроссельные регулирующие и наполнительно-сливные клапана управления рабочими цилиндрами встраивают в их донную часть или размещают в непосредственной близости к ним для обеспечения повышенных скоростных характеристик привода и значений коэффициента качества гидросистемы, сосредотачивая основное сопротивление соответствующих напорных магистралей на клапане;

4 конструкции клапанных распределителей и встроенных в них клапанов существенно упрощают со значительным снижением металлоемкости благодаря использованию индивидуальных сервоприводов с элементами управления и контроля в виде взаимосвязанных системой управления датчиков перемещения штоков клапанов.

## СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ФОРМИ ВИРОБУ ДЛЯ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ.

**Ковальов В.Д., Мельник М.С., Березовська Я.К.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

У сучасному верстатобудуванні одним з найбільш перспективних напрямків вважається застосування систем адаптивного керування. Однак істотною проблемою залишається створення системи адаптивного керування точністю металорізальних верстатів, що дозволяє звести до мінімуму вплив на точність форми обробленого виробу пружних деформацій вузлів верстата, і особливо заготовки.

Погрішності форми заготівки створюють зміну припуску, що спричиняє зміну сили різання, та викликає відхилення взаємного положення заготовки й інструмента від заданого. У результаті погрішності форми заготовки майже пропорційно копіюються на оброблений виріб. Очевидно, що для зменшення ефекту копіювання необхідно підвищувати жорсткість технологічної системи, але впливати на жорсткість заготовки у більшості випадків можливості немає.

Для реалізації системи адаптивного керування при обробці циліндричного вала необхідно вимірювати поточне значення оброблюваного діаметра, потім, порівнюючи його з заданим значенням, вносити відповідне виправлення в настроювання технологічної системи.

Алгоритм роботи системи, реалізований за допомогою PLC, полягає в наступному. У зв'язку з установкою датчиків положення заготовки й інструмента, на поверхню заготовки накладається координатна сітка циліндричної системи координат. Після установки заготівки на верстат виконується прохід зі знятим інструментом на максимальній швидкості обертання і з подовжньою подачею, рівною подовжньому кроку обраної координатної сітки. Після закінчення вимірів з радіусів заготовки відраховуються відповідні значення радіусів готового виробу. Потім інструмент повертається в робочий стан, супорт встановлюється в положення, що відповідає початковому при операції вимірювання. Під час обробки, PLC за допомогою датчика вимірює поточну глибину різання, і порівнюючи її зі значенням комірки відповідної координати, формує сигнал корекції, що керує виправляючим приводом. У результаті система протягом усього шляху інструмента підтримує рівність поточної і розрахункової глибини різання.

Таким чином, з урахуванням викладеного матеріалу, є всі підстави для розробки і практичного втілення систем адаптивного керування точністю, що діють на рівні погрішностей форми поверхні тіл обертання у поперечному перетині, а втілення таких систем дозволить значно знизити собівартість виготовлення деталей високої точності.

## НОВЕ В ОСВОЄННІ І ВИГОТОВЛЕННІ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ЦИЛІНДРИЧЕСИХ ЗУБЧАСТИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ КОЛІС ПРИ НЕНЬЮТОНОВСКОМ СПРОМОЖНІ ЗМАЩУВАЛЬНИХ РІДИН

<sup>1</sup>Ковальов В.Д., <sup>1</sup>Мироненко Є.В., <sup>2</sup>Шелковий О.М., <sup>2</sup>Пермяков О.А.,  
<sup>2</sup>Клочко О.О., <sup>1</sup>Кравченко Д.О.

(<sup>1</sup>ДДМА, м.Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХПІ» м.Харків, Україна)

Розроблені нові напрямки в освоєнні і виготовленні гідродинамічних циліндрических зубчастих високошвидкісних коліс при ньютонівському спроможні змащувальних рідин шляхом зміни принципу контактування сполучених евольвентних поверхонь.

В основу нових досліджень покладена теорія гідродинамічного контактування евольвентних поверхонь циліндричних зубчастих передач за рахунок забезпечення значного зменшення коефіцієнту тертя, контакт здійснюється через мастильний шар рідини, яка знаходиться на момент утворення контакту в ньютонівському стану рідини.

Поставлене завдання вирішується тим, що з метою створення і локалізації гідродинамічного ефекту в зоні контакту евольвентних поверхонь циліндричних коліс, що сполучаються, і умов переходу ньютонівського стану мастильної рідини в ньютонівський стан мастильної рідини на евольвентній поверхні ведучого циліндричного зубчастого колеса зубчастої циліндричної передачі виконують спеціальні гідродинамічні кармани в точках, віддалених від точок входу і виходу із зачеплення на розрахунковій відстані та тим самим відбувається контактування евольвентних поверхонь зубчастих циліндричних коліс через пружно-нестискаєму мастильну рідину завдяки гідродинамічним карманам.

Внаслідок цього забезпечується зниження коефіцієнту тертя, контакт здійснюється через мастильний шар рідини, яка знаходиться на момент утворення контакту в ньютонівському стані рідини завдяки гідрокарманам з утворенням пружно-нестискаєму мастильну рідину, зменшується шум, підвищується довговічність та зносостійкість зубчастої прямозубої циліндричної передачі, зменшуються вимоги на точність виготовлення зубчастих коліс зубчастої прямозубої циліндричної передачі.

Запропоновані гідрокармани на евольвентній поверхні ведучого прямозубого зубчастого колеса зубчастої прямозубої циліндричної передачі забезпечує високу несучу здатність конаткируємих евольвентних поверхонь малий коефіцієнт тертя в широкому діапазоні частот обертання, починаючи зі швидкості 3 м/с, високе демпфування пульсаційного навантаження зубчастих коліс зубчастої прямозубої циліндричної передачі при вході та виході з



зачеплення та зменшення технологічного успадковування похибок обробки спряжених поверхонь зубчастих колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі.

Зубчаста циліндрична передача з гідродинамічними карманами діє таким чином. Мастильна рідина, яка знаходиться між контактуючими поверхнями циліндричних колес зубчастої циліндричної передачі при їх обертанні на швидкості більше 3 м/с потрапляє в гідродинамічні кармани які розташовані у два ряди та мають поглиблення у боці обертання і під дією сил навантаження переходить з ньютонівського стану мастильної рідини у неньютонівський стан мастильної рідини.

Мастильна рідина у неньютонівському стані стає пружно-нестискаєма завдяки поглибленій формі гідродинамічних карманів, швидкості обертання циліндричних колес зубчастої циліндричної передачі під дією сил навантаження і забезпечує зниження коефіцієнту тертя, зменшується шум, підвищується довговічність та зносостійкість циліндричних колес зубчастої циліндричної передачі, зменшуються вимоги до точності виготовлення циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі тому, що контакт зубчастих евольвентних поверхонь циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі здійснюється у основному за рахунок пружно-нестискаємої мастильної рідини, яка знаходиться у неньютонівському стану.

В результаті використання зубчастої циліндричної передачі з гідродинамічними карманами забезпечується зниження коефіцієнту тертя, зменшення шуму, підвищення довговічності та зносостійкості циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, зменшення вимоги до точності виготовлення циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, забезпечується підвищення кінематичної точності, плавності, бокового зазору.

Запропонована конструкція зубчастої циліндричної передачі з гідродинамічними карманами забезпечує високе демпфування пульсаційного навантаження обертання циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, зменшення шуму, забезпечує високу несучу здатність циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, малий коефіцієнт тертя в широкому діапазоні частот обертання, зменшення вимог до точності виготовлення циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, підвищення довговічності та зносостійкості циліндричних колес зубчастої прямозубої циліндричної передачі, забезпечується підвищення кінематичної точності, плавності, бокового зазору.

## КРИПТОГРАФІЧНИЙ ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ СТАНДАРТУ ISO/IEC 18031

**Ковальова Н.В.**

*(ХНУ ім. В.Н. Каразіна, м.Харків, Україна)*

На теперішній час великого значення набувають питання інформаційної безпеки. Багаточисельні криптографічні методи застосовують для вирішення задач безпеки інформаційного простору.

Ключові дані відіграють важливу роль у стійкості криптосистем. Одна з основних вимог до криптоперетворень – використання в якості ключа даних RBG (генератор випадкових бітів). Багато криптографічних додатків використовують вихідні дані генераторів випадкових бітів, які, згідно її застосуванню, повинні задовольняти ряду певних вимог. Ці вимоги стосуються критеріїв швидкодії, нерозрізнюваності, необоротності.

Зважаючи на особливу важливість і залежність криптографічної стійкості від RBG, на міжнародному рівні здійснюється стандартизація засобів генерування ключів. Для визначення вимог щодо випадкових послідовностей був прийнятий ISO/IEC 18031:2005, а потім ISO/IEC 18031:2011. З'явилися корегенти, які уточнюють та доповнюють першу версію. Очевидно, це пов'язано з тим, що на цей стандарт, в якому є DRBG, були знайдені вразливості. Цей стандарт встановлює термінологію, концептуальні моделі і спеціальні вимоги, пов'язані з властивостями системи та її елементами, яких треба дотримуватись при розробці генератора випадкових бітів, придатного для різноманітних криптографічних застосувань.

Згідно стандарту ISO/IEC 18031, існує два типи генераторів випадкових бітів – детермінований та недетермінований.

Детермінованим генератором випадкових бітів (DRBG) є механізм генерації бітів, який для вироблення випадкової послідовності бітів використовує детерміновані механізми (криптографічні алгоритми). Використовуються особливі вхідні дані (початкове число) і, за необхідністю, можуть використовуватися опціональні вхідні дані, від яких захист генератора не залежить та які можуть бути загальнодоступними, у залежності від її застосування.

Недетермінований генератор випадкових бітів (NRBG) – це механізм генерації випадкових бітів, що використовує для генерації випадкової послідовності бітів джерело ентропії (фізичне або нефізичне).

І детермінований, і недетермінований генератори випадкових бітів можуть бути «чистими» або «гібридними».

DRBG вважають «чистим» у тому випадку, коли всі його джерела ентропії - початкові числа. «Гібридний» DRBG використовує у якості додаткового джерела ентропії недетерміноване джерело.

NRBG вважається «чистим», якщо всі його джерела ентропії недетерміновані, а «гібридним» - якщо він приймає значення початкового числа, як додаткового джерела ентропії.



Рис. 1. Функціональна модель RBG згідно стандарту ISO/IEC 18031.

Функціональна модель, яка представлена в стандарті ISO/IEC 18031, разом з зазначеними вимогами вказує як повинні функціонувати генератори без зазначення обмежень. Модель RBG (Рис.1) має шість основних базових компонентів, які необхідні для формування випадкових бітів: джерело ентропії, додаткові вхідні дані, внутрішній стан, функція переходу внутрішнього стану, функція

Дана модель застосовується для обох типів генераторів – детермінованого і недетермінованого. Оскільки не всі деталі та аспекти процесу генерації випадкових бітів можуть бути алгоритмічно вказані, функціональне представлення є центральним у визначенні RBG в цьому стандарті. Для досягнення бажаної гарантії випадковості вихідних даних RBG такий цілісний підхід є необхідним для генерації вихідних даних та функції підтримки.

Стандарт ISO/IEC 18031 містить алгоритм генерації псевдовипадкових чисел, що базується на використанні еліптичних кривих (Dual EC DRBG з NIST SP800-90A). Цей алгоритм є небезпечним, тому що містить декілька проблем: він не має доведення безпеки; виводить занадто багато бітів; є можливість вгадати початкову точку кривої, дивлячись на вихідний результат; знаючи деякі властивості параметрів та маючи можливість вгадати початкову точку – можливим є й передбачення наступних виходів генератора.

Генерування випадкових бітів є актуальною задачею, важливою для комплексів, засобів та систем криптографічного захисту інформації. Для забезпечення необхідного рівня стійкості криптоперетворень, потрібні ключі, які генеруються випадково або псевдовипадково, та відповідають певним вимогам і статистичним характеристикам. Тому важлива стандартизація і дослідження різних механізмів та засобів генераторів випадкових бітів. У стандарті ISO/IEC 18031 обговорюються необхідні вимоги, а також надаються механізми реалізації недетермінованих і детермінованих генераторів випадкових бітів.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УПРОЧНЕННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

**Кожемякин В.Г., Шаповалов В.А., Бурнашев В.Р., Биктагиров Ф.К.**  
(ИЭС им. Е.О.Патона НАН Украины, г.Киев, Украина)

Одним из путей увеличения ресурса эксплуатации кристаллизаторов МНЛЗ является легирование поверхностного слоя медных плит, направленное на повышение их износостойкости. При сравнительном исследовании износостойкости упрочненных различными элементами моделей медных кристаллизаторов необходимо максимально имитировать процессы, которые происходят во время разливки стали. Существующие способы определения износостойкости не позволяют установить достоверные данные по стойкости кристаллизаторов МНЛЗ в условиях приближенных к промышленным. Поэтому было предложено сконструировать и изготовить установку на истирание, позволяющую учитывать особенности работы таких кристаллизаторов.

На основе обработки данных по эксплуатации кристаллизатора МНЛЗ были определены основные параметры, которые имеют место во время разливки стали: скорость разливки, качание кристаллизатора, температура поверхности кристаллизатора, а также давление затвердевшей корочки на стенки кристаллизатора. С учетом этих характеристик и была создана экспериментальная установка.

Легирование моделей медных плит осуществляли методом плазменно-дуговой наплавки, позволяющей в широких пределах варьировать составом и толщиной наплавленного слоя. Исследования износостойкости легированного защитного слоя проводилось методом истирания при соприкосновении нагретого диска с поверхностью исследуемого образца. В качестве контртела использовался диск диаметром 200мм и толщиной 15мм с рабочей окружностью 160мм из стали 45 и твердостью 45HRC. Истирающий диск нагревали до температуры 500...550°C, которую контролировали с помощью оптического пирометра (DT-8865). Скорость вращения истирающего диска составляла 20 об/мин из расчета средней скорости разливки на МНЛЗ. Испытываемая деталь размерами 40×17×10 мм закреплялась в струбине, которая совершала возвратно-поступательное движение (колебания) с частотой 200 мин<sup>-1</sup> и амплитудой 8 мм, имитировавшее качания кристаллизатора. Температура испытываемого образца находилась в пределах 350...400°C и измерялась с помощью термопары (тип К), которая находилась в образце на расстоянии 3 мм от рабочей поверхности. Давление, с которым испытываемая деталь действовала на истирающий диск, рассчитывалось исходя из максимального давления затвердевшей корочки на стенки кристаллизатора в процессе литья, такое давление оказывала пружина, с силой 40Н. Износостойкость определяли по потере массы образца после проведения испытаний в продолжении 45 мин.

По разработанной методике, были проведены эксперименты по определению износостойкости медных образцов упрочненными различными сплавами: CuNi, CuNiB, CuHf, CuZr, CuTi, CuAg, CuCr, CuCrZr. Было установлено, что износостойкость упрочненных медных образцов повышается в 2...10 раз, в зависимости от содержания легирующих в упрочненном слое.

## **ЕФЕКТИВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Корчак О.С., Кривунь В.С.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Основне технологічне обладнання, що працює на більшості машинобудівних підприємств, знаходиться в експлуатації вже 30-40 років та навіть більше, тому потребує суттєвої модернізації. При цьому саме ця необхідна модернізація дасть змогу реалізувати багато інноваційних проектів. Бо найбільшу кмітливість та спритність потребує не стільки створення нового, а саме переробка (тобто модернізація) існуючого при відсутності коштів та жорсткій необхідності виконання виробничої програми. За рахунок застосування сучасних винаходів важке машинобудування по-перше з мізерними матеріальними витратами отримує вдосконалене обладнання з розвиненими технологічними можливостями, а по-друге дає змогу реалізуватися вітчизняним розробкам насамперед в українському виробництві, даючи поштовх для подальшого розповсюдження інноваційних процесів та залучення для їх реалізації все більшої кількості фахівців та об'єктів промислової власності. З фізичним зносом обладнання також можна боротися, зводячи його до мінімуму і тим самим подовжуючи термін дії несучої конструкції машин, вартість якої складає не менше 75-80% усієї машини, а строк проектування та виготовлення сягає декількох років. При дослідженні української бази даних на винаходи та корисні моделі можна знайти цілу низку технічних рішень, спрямованих на підтримання характеристик міцності деталей машин, їх відновлення після подовженої експлуатації, способи досягнення значних коефіцієнтів запасу міцності при проектуванні машин тощо. Крім зазначеної бази в Україні накопичений колосальний обсяг наукової інформації з цієї тематики, доступ до якої відкритий. Не секрет, що українська наука безоплатна. В ній широко застосовується некомерційна форма передання технологій. Це наукова та науково-технічна інформація, в тому числі наукові доповіді, збірники матеріалів наукових конференцій і семінарів, обмін результатами досліджень шляхом особистих контактів науковців та відвідань ними наукових установ, промислових підприємств (відрядження, стажування, виконання спільних наукових програм тощо), а також обмін науково-технологічними досягненнями та досвідом за тривалими програмами наукових досліджень. Величезний резерв інноваційних технологій для промисловості, накопичений у науково-технічних розробках ВНЗ, залишається незадіяним у виробничих процесах. Багато з цих розробок запатентовано та могло б стати основою для формування інноваційних потоків за різними напрямками науки та техніки. Запропоновані заходи за своєю сутністю можуть бути перенесені з галузі важкого машинобудування на будь-яку іншу галузь народного господарства та мати там свої переваги. Будь-який прогрес починається з маленького кроку, який повинен зробити кожний вітчизняний виробник, фахівець, науковець тощо, не дозволяючи жодному з об'єктів промислової власності опинитися поза інноваційного процесу та залишитися незапитаним українським виробництвом.

## ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНЕ ПАРТНЕРСТВО В МАШИНОБУДУВАННІ

**Круглов В. В.**

*(ХТЕІ КНТЕУ, м. Харків, Україна. kruvit@rambler.ru)*

В економічній сфері функціонування кожної розвинутої країни машинобудівний комплекс займає важливе місце, слугуючи особливим індикатором, який оцінює інноваційну систему. Враховуючи те, що галузева структура машинобудування досить розгалужена, це призводить до ускладнення управління функціонуванням та сталим розвитком зазначеної сфери.

Державна політика щодо машинобудівного комплексу не завжди давала очікувані результати. Досить багато негативних моментів було привнесено в процесі приватизаційних дій держави, що виявило себе в неефективному управлінні нових власників, скороченні виробництва, збільшення неплатежів, застосуванні застарілих технологій. Ефективне управління галуззю, окремими машинобудівними підприємствами вимагає визначення проблемних аспектів розвитку галузі та їх усунення, що потребує аналізу економічного стану галузі машинобудування [2].

Без сумніву, актуальними є і проблеми фінансування галузі, отримання державних замовлень та інше. В світлі зазначеної проблематики досить цікавим може бути використання державно-приватного партнерства (ДПП). Закон України "Про державно-приватне партнерство" [1], визначив ДПП як співробітництво між державними органами, органами місцевого самоврядування та юридичними чи фізичними особами-підприємцями на основі договору та у встановленому законодавством порядку, що передбачає співробітництво на довгостроковій основі.

Закон України "Про державно-приватне партнерство" визначив організаційно-правові засади взаємодії державних партнерів з приватними партнерами та основні принципи державно-приватного партнерства на договірній основі, таким чином давши можливість реалізації значного кола проектів, в тому числі і в машинобудівній галузі.

Використання потенціалу приватного власника та державні можливості, дадуть змогу залучити необхідні інвестиційні ресурси, розподілити можливі ризики, що дасть змогу машинобудівній сфері отримати необхідний імпульс розвитку.

**Література:** 1. Закон України "Про державно-приватне партнерство" від 01.07.2010 р. №2404-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2404-17>. 2. Король К. В. Економічний стан та проблеми розвитку галузі машинобудування в Україні / К. В. Король // Економічний вісник Донбасу № 1 (35), 2014. – С.157-162.

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОУГОННЫХ УСТРОЙСТВ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Крупко И. В., Абакумов Д. С.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Краны представляют собой высокие сооружения с большой наветренной площадью. Значительное количество кранов (козловые, порталные, башенные, мостовые перегружатели и др.) работают на открытом воздухе. Ветер, воздействуя на наветренную площадь крана, создает дополнительные сопротивления передвижению крана (действие ветра рабочего состояния) и создает опасность самопроизвольного передвижения (угона) крана ветром нерабочего состояния. При давлении ветра, превышающей 250 Па или 400 Па для соответствующих районов, краны должны прекращать работу.

Цель работы - обоснование рациональных параметров противоугонных устройств порталных кранов на основе установленных изменений величины и характера ветровых нагрузок в современных условиях эксплуатации.

Правилами Госгортехнадзора Украины на кранах (кроме мостовых), работающих на открытом воздухе и перемещающихся по рельсовым путям, предусмотрена установка противоугонных устройств с ручным или машинным приводом.

Противоугонные устройства предназначаются для удержания крана, работающего на открытом воздухе, от самопроизвольного перемещения по рельсовому пути под действием ветра, по силе превосходящего предельный рабочий. Ними должны быть снабжены башенные, козловые, порталные и другие краны, перемещающиеся по рельсовому пути. Мостовые краны, работающие на открытом воздухе, противоугонными устройствами можно не снабжать, если тормоз рассчитан на удержание крана под действием ветра.

При сильном напоре ветра на неподвижный кран, сцепление колес с рельсами может оказаться недостаточным и кран может быть сдвинут с места, причем заторможенные приводные колеса будут скользить по рельсам не вращаясь (юз). При этом еще больше увеличивается опасность аварии. Как показывают исследования, после наступления юза, величина коэффициента сцепления колеса с рельсом уменьшается почти в 3 раза по сравнению с состоянием покоя. Соответственно уменьшается и сопротивление ветровому напору, что на практике приводит к ускоренному движению сдвинутого с места крана, который на коротком участке пути может приобрести значительную скорость даже в том случае, когда сила ветра уже уменьшится. Противоугонные устройства выполняют с постоянным или переменным усилием торможения, развивающимся при уgone грузоподъемной машины ветром.

Конструкции рельсовых захватов отличаются значительным разнообразием. С помощью противоугонных устройств, основными элементами которых являются рельсовые захваты, кран вручную или автоматически закрепляется за рельсы.

Рельсовые захваты целесообразно выполнять автоматическими, с приведением их в действие при достижении ветром заданной скорости, вне зависимости от наличия на кране электропитания. Захваты принудительного действия с машинным приводом могут работать только при наличии электропитания, что несколько снижает надежность защиты крана от угона ветром. Очевидно, ручные захваты, приводящиеся в действие непосредственно крановщиком или подкрановым рабочим, не могут в ряде случаев обеспечить необходимую безопасность крана.

Исследовав влияние ветра на краны можно сделать вывод о том, что противоугонные устройства очень актуальны и являются одним из наиболее ответственных элементов крана, обеспечивающие безопасную эксплуатацию грузоподъемных машин, удерживая их от самопроизвольного перемещения по рельсовому пути, работающих на открытом воздухе. В результате теоретических исследований доказана возможность использования портовых кранов в морских и рыбных портах при скорости ветра свыше 15 м/с в зависимости от типа крана, технологических схем перегрузочных работ, геометрических параметров циклов работы и парусности грузов.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ ШАГАНИЯ ЭКСКАВАТОРОВ С УЧЕТОМ ПРОХОДИМОСТИ ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

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

Наиболее характерными представителями выемочно-погрузочных машин, эксплуатируемых на открытых разработках, являются одноковшовые и многоковшовые экскаваторы.

Экскаватор ЭШ-15/90 может применяться на открытых угольных разрезах, и иных открытых разработках месторождений, а также на строительстве каналов, ирригационных систем и различных гидротехнических сооружений.

Определение проходимости горнотранспортных машин имеет практическое значение при разработке новых конструкций шагающего ходового оборудования и при оценке эффективности использования горнотранспортных машин в различных условиях эксплуатации.

Цель работы. Выбор наиболее экономичных и энергозатратных параметров ходового оборудования с учетом проходимости шагающего экскаватора.

Объектом исследования являются параметры ходового оборудования с учетом проходимости шагающего экскаватора.

Выбор параметров ходового оборудования является одним из сложных вопросов конструирования горно-транспортных машин. Практически выбор параметров содержит все основные расчеты, необходимые для эскизного проекта шагающего ходового оборудования машины.

Конструктивные параметры ходовой части влияют на конструктивную схему всей машины, а также определяют проходимость и устойчивость - важнейшие эксплуатационные качества горнотранспортной машины

При проектировании механизмов шагания необходимо учитывать, что существует оптимальное положение центра машины, соответствует при фиксированном угле наклона поверхности движения минимальному значению средне-максимальной нагрузке на элементы привода исполнительных механизмов. При движении горнотранспортных машин, оборудованных кривошипно-эксцентриковым или кривошипно-колесным шагающим ходом, подъем по грунтам, характеризующееся малым сопротивлением перемещению опорной базы (влажный глинистый грунт), может иметь место уменьшение средне - максимального момента сопротивления движению машины по сравнению с шаганием по горизонтальному грунту.

Анализ известных исследований показал, что не все аспекты вопросов параметров ходового оборудования с учетом проходимости шагающего экскаватора. В работе рассмотрены особенности конструкции шагающего экскаватора. Анализ опыта эксплуатации шагающих экскаваторов и показывает, что конструирование механизмов шагания горно-транспортных машин должно идти по пути повышения их эксплуатационной надежности, увеличения скорости передвижения машин средней мощности и улучшения проходимости машин.

Дальнейшее направление исследований - определение основных размеров систем опорных поверхностей машины; выбор типа и расположения исполнительного механизма шагающего ходового оборудования; определение конструктивных параметров исполнительного механизма хода.



## ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРЬОХОПОРНОГО КРОКУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Крупко І.В.**

*(ДДМА, г. Краматорськ, Україна)*

Найбільш поширеними механізмами пересування землерийних машин на цей час є: пневмоколісні, гусеничні та крокуючі. Серед крокуючих механізмів для потужних землерийних машин найбільш розповсюджені трьохопорні, на ПАТ НКМЗ запатентовано чотирьохопорний механізм. Особливістю даного механізму є наявність чотирьох опор (лиж), на які попарно поперемінно опирається машина. На кафедрі ПТМ ДДМА обґрунтовані параметри фізичної моделі такого рушія, а конструкція фізичної моделі чотирьохопорного крокуючого візка дозволяє проводити експериментальні дослідження в умовах, що моделюють процес переміщення такого механізму по гірничих виробках. Для обґрунтування параметрів такого рушія були проведені експериментальні дослідження таким чином, що практично вдалося виключити вплив чинників, що не підлягають контролю і обліку. Метод експериментальних досліджень за допомогою фізичних моделей дозволяє отримати необхідні дані для оцінки надійності механізму та його структурних елементів і з достатнім ступенем вірогідності судити про працездатність досліджуваного об'єкта.

На підставі теорії подібності та моделювання визначено основні масштабні коефіцієнти, розраховані параметри приводу і побудована фізична модель чотирьохопорного крокуючого рушія у вигляді ходового візка.

Це дозволило в умовах наближених до реальних машин провести експериментальні дослідження крокуючого механізму і опорної частини, виявити параметри, які мають найбільший вплив на процес переміщення і вибрати їх раціональне значення для різних умов роботи, дослідити вплив силових і кінематичних параметрів на енергоємність процесу переміщення екскаватора і обґрунтувати раціональне співвідношення цих параметрів та обґрунтувати потужність приводу такого механізму.

Аналіз результатів експериментальних і розрахункових даних дозволяє зробити висновок про те, що запропонована фізична модель чотирьохопорного крокуючого ходу одноківшового екскаватора адекватна фізичній моделі, максимальна погрішність досліджуваних силових параметрів становить до 15,4 %, а швидкості візка – до 8,4 %. Це дозволяє результати експериментальних досліджень перенести на визначення параметрів крокуючих рушіїв сучасних потужних екскаваторів. Метою подальших досліджень є пошук шляхів зниження енергоємності процесів пересування крокуючого рушія.

## ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ И НАУЧНЫХ КАДРОВ В ЭПОХУ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

**Кузнецов Ю.Н.**

*(НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)*

Существующая система высшего образования в основном ориентирована на репродуктивную форму передачи знаний и является сдерживающим фактором развития творческой личности, так как имеет ряд недостатков: 1) пренебрежение воспитанием эмоций; 2) догматизм; 3) неумение «думать руками»; 4) отставание учебных программ от последних достижений в науке и технике; 5) дублирование дисциплин средней школы; 6) непрерывные «революционные», непроверенные массовые перестройки в системе образования без накопленного опыта. В условиях научно-технической революции возникли принципиальные изменения в самом характере деятельности инженера, в его роли по созданию новой техники и новых технологий, в требованиях к его профессиональным знаниям, умениям и практическим навыкам, общей эрудиции и кругозору. Сегодня в круг инженерных дисциплин вошли системотехника и теория решения творческих задач, методы исследования операций и принятия решений при многокритериальном решении задач, инженерная психология, дизайн и др.

Отсутствие междисциплинарных знаний и узкая специализация в условиях информационного взрыва усложняют подготовку инженерных и научных кадров, их дальнейшее повышение квалификации. Возникла острая потребность в поиске новых концепций и методологических подходов, среди которых важную роль играют теории эволюционного и генетического синтеза, креатология и инноватика, синергетика, соционика и др.

Следует отметить, что в последние годы расширяется генетическое конструктивное мышление, при котором объекты генетически строящейся теории являются идеальными (абстрактными) и фиксируются в соответствующей форме (мысленный эксперимент). Идеи и методы генетики, носящие междисциплинарный характер, внедряются в технические, гуманитарные и общественные науки. Новые подходы в подготовке инженерных и научных кадров проиллюстрированы на примерах эволюции и создания станков нового поколения и их механизмов, лабораторного комплекса малогабаритных станков с компьютерным управлением к дисциплине «Технологическое оборудование с параллельной кинематикой».

Внедрение структурно-системных исследований и новых методологических подходов, позволяют с оптимизмом смотреть на будущее молодой генерации инженеров и учёных, которые станут творцами сложных технических систем по объективным законам и подсказкам Природы, лучшим творением которой является Человек как творец по своему подобию.

## ГЕНЕТИЧНІ ФОРМУЛИ ОПИСУ І СТРУКТУРНІ СХЕМИ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ ПРИВОДІВ ЗАТИСКУ

<sup>1</sup>Кузнєцов Ю.М.; <sup>2</sup>Придальний Б.І.

(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна; <sup>2</sup>Луцький НТУ, м. Луцьк, Україна)

Затискні механізми (ЗМ) у металообробному обладнанні суттєво впливають на продуктивність і якість обробки, а привод механізму затиску (ПрЗ), як основний елемент ЗМ, визначає його кінематичні, силові та енергетичні характеристики [4, 5]. Нестабільність сил затиску, що пов'язана з відхиленням розміру некаліброваних заготовок від номінального значення, призводить до суттєвих обмежень можливостей верстатів, а використання каліброваних заготовок призводить до суттєвого підвищення вартості обробленої деталі. Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування у складі ЗМ самоналагоджувальних ПрЗ [4,5], що мають змінну структуру через наявність однієї або декількох ланок самоналагодження.

В ряді наукових досліджень [1, 6, 8] існує обґрунтована думка, що генетичний підхід може бути використаний не лише по відношенню до біологічних і соціальних систем, але є також доцільним для опису, аналізу і синтезу технічних систем різного походження, в яких процеси перетворення речовини (матеріальні потоки), енергії (енергетичні потоки) і інформації (інформаційні потоки) взаємопов'язані [1, 6].

Не дивлячись на великий досвід проектування, виготовлення та експлуатації ЗМ технологічного обладнання, як в нашій країні, так і за кордоном, питання інноваційного синтезу ЗМ та їх вузлів на основі теорії еволюції, структурно-системного підходу і принципів кодування генетичної інформації тільки починають розвиватися. Відповідно до генетико-морфологічного підходу до опису та синтезу ЗМ, передача переміщень, сил та енергії може бути описана на хромосомному рівні у вигляді морфологічної моделі (матриці) елементарних силових потоків – батьківських хромосом (пара вхідного та вихідного зусиль) [2, 3, 7].

Структура ПрЗ визначається просторовою геометрією і топологією взаємозв'язаних силових контурів та силових потоків, що може бути відображено з допомогою структурних схем. Тому вивчення принципів структурної організації ПрЗ безпосередньо пов'язане з аналізом просторової геометрії силових контурів, що визначає вид, порядок розміщення та взаємну орієнтацію силопередаючих та силоперетворюючих елементів.

*Метою роботи є* висвітлення основних аспектів опису конструкцій самоналагоджувальних ПрЗ з використанням генетичних формул на різних рівнях складності структури відповідно до теорії еволюційного синтезу технічних систем.

## РОЛЬ СТРУКТУРИ ЛИТИХ ЗАГОТОВОК У ФОРМУВАННІ ПОШКОДЖЕНОСТІ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Кусий Я.М., Кузін О.А.  
(НУЛП, м. Львів, Україна)

Сучасний стан розвитку машинобудування, який характеризується збільшенням силових навантажень на деталі машин, вимагає врахування різних видів спадковості, зокрема технологічної та структурної, для забезпечення надійності після механічному обробленні і складання. Вплив спадковості проявляється у формуванні таких характеристик деталей, як втомна міцність і зносостійкість, що залежать від будови оброблених поверхонь.

Поведінка технологічних пошкоджень при отриманні та їх розвиток при обробці заготовок, а також під час експлуатації деталей, зміна в цих умовах надійності машин вивчені недостатньо, тому вимагають подальшого глибокого теоретичного та експериментального вивчення фізичного змісту даних явищ.

Пошкодження матеріалу в робочій частині зразка оцінювали за допомогою методу ЛМ-твердості, що ґрунтується на положеннях математичної статистики при використанні параметричних математичних розподілів значень вимірювань твердості. Параметром, що інтегрально характеризує стан поверхні, є гомогенність, яка кількісно оцінюється за коефіцієнтом Вейбулла ( $m$ ).

Дослідження проводили на виливках призматичної форми  $145 \times 60 \times 15$  мм із сплавів типу АК, що підлягали чорновому та чистовому фрезерному обробленню. Результати досліджень приведені на рис. 1.

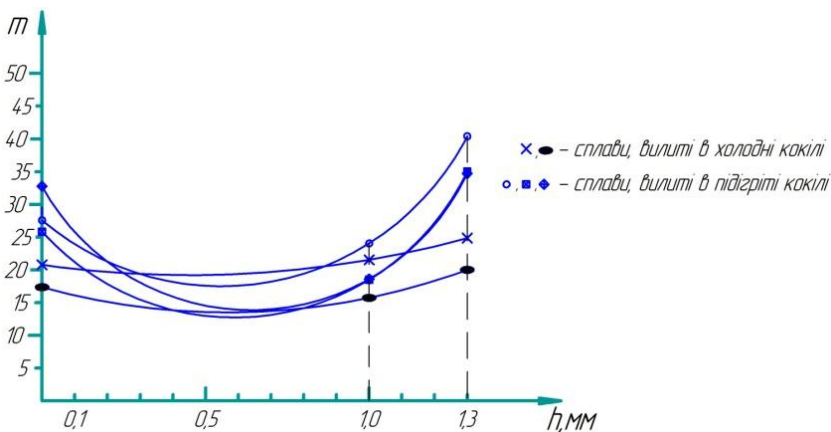


Рис. 1 – Розподіл коефіцієнта гомогенності Вейбулла ( $m$ ) по глибині поверхневого шару вилитих заготовок

Аналіз результатів, отриманих на поверхні після чорнового фрезерування на глибину  $1 \cdot 10^{-3}$  м, показав зростання пошкодженості, що пов'язано із трансформуванням локальних зон фізичної та хімічної неоднорідностей у пошкодження, які залишаються в деформованому шарі обробленого матеріалу.

Проведення чистового фрезерування після чорнового на глибину  $0,3 \cdot 10^{-3}$  м сприяло зростанню коефіцієнта гомогенності Вейбулла, що вказує на зняття шару металу з розвиненою пошкодженістю при даній обробці. За результатами досліджень розроблені рекомендації по вибору режимів механічної обробки для зменшення пошкодженості деталей двигунів внутрішнього згорання.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

**Кушик В. Г.,**  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Одним із факторів забезпечення якості друкованої продукції є точність виготовлення циліндричних деталей технологічних поліграфічних машин на токарних автоматизованих верстатах та верстатах з ЧПК. Створення надійних конструкцій затискних цангових патронів підвищеної точності проходить ряд етапів, зокрема науковий, на якому здійснюється пошук нових схем і конструкцій цих патронів різними методами інженерного прогнозування, зокрема методом морфологічного аналізу, отримані даним методом конструкції за поєднанням альтернатив захищені патентами на винаходи та корисні моделі.

В ряді конструкцій, зокрема для багатошпindelних токарних автоматів, перероблено додаткову циліндричну цангу, яка є нерухомою в осьовому напрямку і жорстко зв'язаною з шпинделем верстата. Це дозволяє зменшити при затиску відтягування прутка від упора, підвищувати осьову точність обробки. Проведені експериментальні дослідження та випробування в виробничих умовах показують, що осьова точність зростає в декілька разів. Особливістю деяких конструкцій є те, що в якості додаткових затискних елементів використовують ролики, які зменшують трати на тертя. Та збільшують економію енергії.

Ряд конструкцій затискних цангових патронів на рівні корисних моделей дозволяють зменшити витрати на переборювання сил тертя, підвищення радіальної та осьової точності та надійності затиску. Особливістю конструкцій даного типу затискних патронів є те, що на конічній робочій частині виконано отвори однакової глибини та діаметра з розміщеними в них тілами кочення, встановлених в сепаратори, жорстко зв'язаних, наприклад гвинтами, з конічною робочою частиною, при чому в отворах встановлено пружини стиску. При переміщенні труби затиску вліво конічна робоча частина через тіла кочення взаємодіє з конічною поверхнею шпинделя, при цьому виникає тертя кочення і тіла кочення вдавлюються в отвори, стискаючи пружини. Від випадання тіла кочення утримуються сепаратором. Основні затискні елементи з пластинами взаємодіють з бічними поверхнями додаткових затискних елементів, видавлюють їх, а вони своїми робочими поверхнями затискають заготовку або інструмент. При розтиску стиска цанга рухається вправо і тіла кочення під дією пружин повертаються у вихідне положення.

Конструкції цангових патронів з нерухомою циліндричною цангою та з тілами кочення підвищують осьову та радіальну точність виготовлення деталей технологічних машин.

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК

<sup>1</sup>Кушик В. Г.; <sup>2</sup>Буховець В.М.

(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна; <sup>2</sup>ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна )

Ефективність обробки деталей поліграфічних машин залежить від ряду факторів, зокрема від конструкцій затискних цангових патронів з і стабільними показниками їх характеристик. Для зменшення часу на переналадку верстата при переході на обробку прутків різного діаметру використовують широкодіапазонні цангові патрони з одинарною або подвійною мультиплікацією.

Конструкції даних патронів забезпечують стабільність силових характеристик та характеристик жорсткості при обробці пруткових заготовок з відхиленням затискуваних діаметрів до 2-3мм.

Якість обробки деталей на токарних автоматах залежить від осової та радіальної точності обробки, яка визначається, в повній мірі, конструктивними особливостями затискних цангових патронів. В нових конструкціях затискних цангових патронів на робочій частині додаткових затискних елементів виконано частковий регулярний мікрорельєф гострокінцевої форми з кутами загострення і розміщений почергово нахиленим в перпендикулярних напрямках, висота якого менша параметра шорсткості Rz для даного матеріалу і виду обробки. Гостроконечні виступи в повздовжньому напрямку, виконані під кутом і направлені в сторону подачі пруткових заготовок, а в поперечному напрямі виконані під кутом і направлені вбік перпендикулярний до повздовжнього напрямку і висота мікронерівностей повинна бути не більше параметра шорсткості Rz. Такий напрямок гостроконечних виступів перешкоджає рухові заготовки в напрямку протилежному її подачі, і прокручуванню заготовки в радіальному напрямку під дією сил різання.

Виконання регулярного мікрорельєфу на робочій частині додаткових затискних елементів підвищує зносостійкість робочої частини додаткових затискних елементів і підвищує надійність затиску.

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК**

**Кушик В. Г., Олійник В. Г.,**  
*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Ефективність виготовлення деталей поліграфічного обладнання залежить від ряду факторів, серед яких точність затискних цангових патронів і жорсткість затиску заготовок. Для зменшення затрат на виготовлення затискних патронів у виробничих умовах використовують широкодіапазонні цангові патрони, в основному з діапазоном затиску без зміни їх до 3 мм. Таким чином зменшується загальна кількість цанг для затиску заготовок.

Ряд конструкцій цангових патронів з розширеним діапазоном затиску заготовок і підвищеної надійності отримані диференційно-морфологічним методом синтезу на рівні винаходів і корисних моделей. Експериментальні дослідження характеристик патронів з розширеним діапазоном затиску проводилися на стенді на базі токарно-револьверного верстату, а дослідження характеристик широкодіапазонних цангових патронів з подвійною мультиплікацією і нерухомою циліндричною цангою проводилися на стенді на базі шестишпindelного токарного автомата.

Ряд конструкцій пройшли промислове впровадження в випробувальних автоматах. Експериментальні дослідження показали, що розроблені конструкції широкодіапазонних цангових патронів для токарно-револьверних верстатів надійно затискають прутки номінальних діаметрів в діапазоні 3-4 мм, а для багатошпindelних токарних автоматів – 2-3мм. Таким чином, стабільність характеристик цих патронів в 1,2 вища ніж у традиційних цангових патронів при вимірюванні осьового відтягування і сили проштовхування, а стабільність моменту прокручування в 1,2 рази менша ніж в традиційному ЦП. Значне відтягування при затиску заготовок з відхиленням до 4 мм на токарно-револьверних верстатах вимагає створення певних конструкцій, наприклад, з нерухомою циліндричною цангою.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

**Кушик В. Г., Олійник В. Г.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

При обробці пруткових заготовок машин на токарних багатошпindelних автоматах і верстатах з ЧПК стандартні конструкції цанг не забезпечують захист робочих поверхонь цанги від попадання стружки і бруду, що призводить до зношування робочих поверхонь цанг. Для підвищення надійності роботи затискного механізму верстата необхідно знизити можливість попадання забруднюючого середовища на робочі поверхні. Ряд конструкцій цанг на рівні винаходів, корисних моделей частково вирішують цю проблему. Основною конструктивною особливістю конструкцій цих цанг є наявність захисних кришок на торцевих поверхнях цанг.

Недоліком ряду цанг є невисока якість конструкції кришок із криволінійними напрямками та неможливість керувати процесом відводу стружки і потрапляння змащувально-охолоджуючої рідини в зону обробки. Для цього на криволінійних твірних цанги використано мікрорельєф ввігнутої або опуклої форми різної висоти  $H$  з кроком, який рівномірно змінюється від  $L$  до  $L_i$  зі збільшенням до висоти  $H$ . Висота  $H$  мікрорельєфу опуклої або ввігнутої форми максимальна периферії та мінімальна біля границі отвору в кришку, тобто  $H_i \ll H$ , відповідно і крок  $L$  зростає рівномірно зі збільшенням  $H$ .

Змащувально-охолоджуюча рідина при потраплянні на кінчну поверхню кришки з мікрорельєфом опуклої або ввігнутої форми під дією відцентрових сил відкидається від робочих поверхонь губок цанги. Виконання мікрорельєфу висотою  $H$ , яка зменшується від периферії до центру, і кроком  $L$ , що рівномірно зростає зі збільшенням  $H$ , дозволяє керувати за рахунок конструкції кришки подачею змащувально-охолоджуючої рідини в зону різання, а також відведенням стружки із зони різання.



## СФЕРИЧНІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ

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

Сферичні роликові підшипники є найбільш надійними підшипників, які використовуються в багатьох обладнанні важкого машинобудування та промисловості. Сфера використання роликопідшипників сферичного типу дуже широка. Головним чином вони використовуються в нафтовій, металургійній і гірничодобувній промисловості, а також в важкому машинобудування, залізничному транспорті. Одним із шляхів вирішення завдання створення нових конструкцій затискних патронів для їх обробки є втілення прогресивних методів пошуку нових технічних рішень на ранніх стадіях технологічної підготовки виробництва роликопідшипників сферичного типу.

Для високопродуктивної токарної обробки кілець сферичних підшипників великого діаметру (до 480 мм) на кафедрі конструювання верстів та машин НТУУ «КПІ» з використанням методу уніфікаційного синтезу розроблено самоцентруючий штоковий 3-х кулачковий патрон (патент України на корисну модель № 75007), що складається з корпусу 2, в отворі якого, встановлено кулачки 5, що зв'язані між собою тягою 11, яка розміщена всередині корпусу 3. До кожного кулачка, за допомогою шпонки 28 та гвинтів 10 і 30 кріпляться затискні кулачки 1 з великим кутом охоплення заготовки (рис. 1).

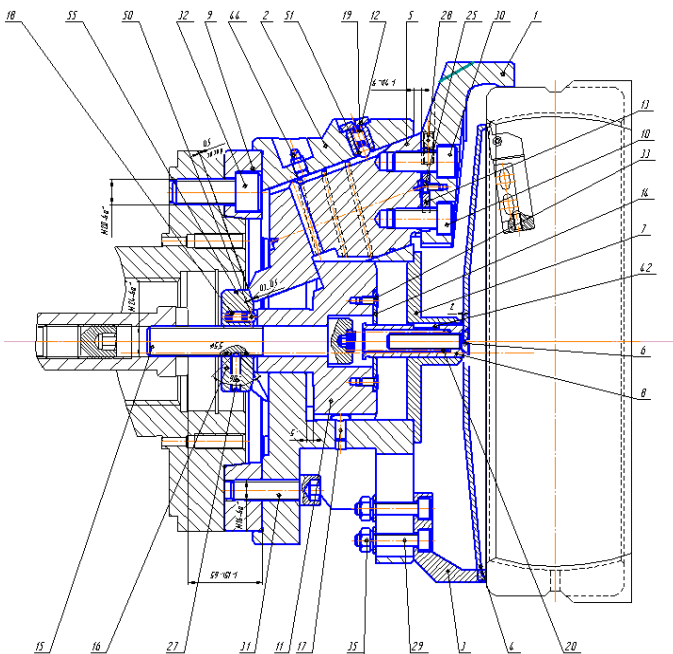


Рис.1 - Штоковий трьохкулачковий патрон

Тяга переміщується в корпусі за допомогою штока 15, що зв'язаний з приводом верстата та фіксується на ньому в осьовому напрямі гайкою 16 зі стопорним гвинтом 17 та кульки 50 з пружиною 18.

Корпус 3 патрона з торця закритий рухомою кришкою 4, яка переміщається з гвинтом 6 і пружиною 42, служить для видалення заготовки із патрона та для усунення попадання всередину патрона стружки і мастильно-охолоджуючої рідини. Заготовка встановлюється на упори 4, які можуть переміщуватися в радіальному напрямку для перевстановлення. Корпус 3 розміщений на планшайбі 9 за допомогою гвинтів 31. Планшайба 9 розміщена на торці шпинделя верстата та зафіксована гвинтами 32.

## ВИБІР МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ЗА СЛУЖБОВИМ ПРИЗНАЧЕННЯМ

**Лобов А.В., Ковальов В.Д.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Вибір обладнання для здійснення процесу виготовлення деталей відноситься до найбільш складних питань технологічної підготовки виробництва. До металорізальних верстатів з ЧПУ пред'являється ряд технічних, економічних, експлуатаційних та інших вимог. Припустимо, що різні компонування металорізального верстата можуть забезпечити виконання цих вимог не однаковою мірою. Виникає завдання: яким варіантом металорізального верстата слід віддати перевагу з тим, щоб найкращим чином вирішити технологічне завдання споживача.

В даний час немає ні теоретичних, ні практичних методів синтезу оптимальних варіантів вибору металорізального верстата на основі даних про деталі та виробництві замовника. Тому передбачається, що компонування металорізального верстата створюється з уніфікованих вузлів (модулів) на основі неформальних процедур з аналізом кожного з можливих варіантів компоновок і вибору.

Відомі методи многакритеріальних оцінок різних систем, процедура знаходження яких зводиться до складання переліку критеріїв, розробці оціночних шкал та отримання оцінки досліджуваних систем за сукупністю всіх критеріїв.

Система приватних показників якості металорізального верстата створювалася на основі методу евристичного прогнозування, суть якого зводиться до анкетному опитуванні експертів про склад критеріїв  $\alpha_i$  і визначенню їх значимості за допомогою вагових коефіцієнтів. Для чого приймається припущення адитивності окремих показників якості системи. При дотриманні аксіоми незалежності можна представити загальний показник якості металорізального верстата у вигляді

$$\mathfrak{A} = \sum_{i=1}^n \beta_i \alpha_i, \sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

де,  $\beta_i$  - ваговий коефіцієнт і-го приватного показника,

$\sum_{i=1}^n \beta_i$  - нормуюча умова якості металорізального верстата.

Ваговий коефіцієнт  $\beta_i$  в цьому випадку є нормованим приростом приватного показника якості верстата в межах загальної оцінки.

# ГЕОМЕТРИЧНА АДАПТАЦІЯ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

Луців І.В., Волошин В.Н., Бица Р.О.  
(ТНТУ ім.І.Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Встановлення деталі та її утримання в процесі обробки супроводжується комплексом фізичних явищ, серед яких: пружні відтискання в приводі затискного механізму (ЗМ) і системі патрон-деталь; пружні та пластичні деформації деталей та стиків і порушення фізичних зв'язків між ними; теплові та інші явища. Здатність ЗМ верстата виконувати робочі функції при змінах умов роботи істотно залежить від можливості їх пристосування до змінних факторів впливу. Тому розробка та дослідження механізмів затиску, що можуть адаптуватися до характеристик заготовки, навантаження, динамічних явищ та ін. є актуальною науковою проблемою.

В результаті аналізу основних характеристик ЗМ токарних верстатів та процесів, які в них відбуваються, можна виділити наступні напрямки адаптації ЗМ: геометрична адаптація ЗМ; адаптація ЗМ по навантаженню; адаптація ЗМ для забезпечення необхідної жорсткості системи затиску; адаптація ЗМ для забезпечення необхідної точності затиску; адаптація ЗМ для забезпечення необхідної динамічної якості.

Одним із дуже важливих напрямків адаптації ЗМ є геометрична адаптація, тобто самоприспосовуваність до форми заготовок, до різних діаметрів заготовок та їх відхилення, до діапазону затиску оброблюваних заготовок. Для її реалізації запропонований новий принцип створення адаптивних затискних елементів (ЗЕ), основою якого є навмисне введення в їх конструкцію зон деформації, що дозволяє забезпечити прилягання контактуючої поверхні ЗЕ до поверхні затиску заготовки. Такі зони можуть бути створені з використанням евристичних прийомів повного та неповного розчленування затискних елементів, створення пустот в затискному елементі, використання здатних до деформування кільцевих сегментів та ін.



Рис. 1. Механізований токарний затискний патрон із адаптивними ЗЕ

діаметрів при затиску.

На основі цього принципу розроблено конструкцію та виготовлено дослідні зразки адаптивних кулачків для оснащення механізованого токарного затискного патрона (рис.1). Проведено теоретичні дослідження умов контактування адаптивних ЗЕ із заготовками різного діаметру та стану зони адаптації за допомогою методу скінченних елементів. За результатами моделювання можна стверджувати те, що затискна частина адаптивних ЗЕ працює в зоні пружних деформацій і забезпечує її повний контакт із заготовками в заданому діапазоні

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШЕННЯ СВЕРДЕЛ

**Майборода В.С., Ковальова Л.І., Ткачук І.В.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Побудова математичної моделі процесу зношення свердел складається з формування матриці вихідних даних, вибору методу моделювання, визначення математичної моделі та перевірки її адекватності. Матрицю вихідних даних отримують у результаті реалізації статистичного плану експерименту, при складанні якого обирають кількість перемінних факторів, визначають границі та рівні їх зміни, комбінації перемінних у плані та визначають загальну кількість експериментів.

В якості перемінних факторів для побудови моделі зношення свердел було вибрано: фактори, які характеризують МАП:

- радіус округлення РК частинки порошку  $r_{кз}$ , мм;
- коефіцієнт нерівності частинки порошку  $k_f$ ;

фактори, які характеризують параметри якості свердел:

- шорсткість поверхні свердла  $Ra$ , мкм;
- твердість свердла  $HV$ , ГПа;
- радіус округлення РК свердла  $r$ , мкм;
- кількість просвердлених отворів  $N$ , шт.

Межі зміни перемінних факторів при дослідженні зношення свердел після фінішного MAO різними типами МАП вибрано на основі аналізу літературних даних та експериментальних результатів дослідження та наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Межі зміни перемінних факторів

Межі змінних	$r_{кз}$ , мкм	$k_f$	$Ra$ , мкм	$HV$ , ГПа	$r$ , мкм	$N$ , шт
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
Верхня	125,95	2,13	0,37	10,48	10,52	540
Нижня	28,3	1,1	0,13	9,86	14,52	3

Матрицю вихідних даних було сформовано за статистичним планом, що включав у себе 40 дослідів, у яких значення перемінних  $r_{кз}$ ,  $k_f$ ,  $Ra$ ,  $HV$ ,  $r$  варіювались на чотирьох рівнях, а кількість просвердлених отворів  $N$  фіксувалась по факту. Вихідним параметром процесу зношення свердел є величина фаски зношення по задній поверхні –  $h$ .

В результаті оброблення експериментальних даних отримано модель зношування свердел, яка має вигляд (1):

$$h = \exp \left( a_0 + a_1 \cdot \frac{N}{Ra} + a_2 \cdot r^2 + a_3 \cdot r_{кз} \cdot r^2 \cdot \ln r + a_4 \cdot \frac{r_{кз} \cdot Ra \cdot r^2}{N} \cdot \ln r + a_5 \cdot \frac{r_{кз} \cdot Ra \cdot r^2}{N} \cdot \ln r \cdot \ln N + a_6 \cdot k_f \cdot r^2 \cdot \ln HV \right) \quad (1)$$

Отримана математична модель дозволяє прогнозувати керувати роботоздатністю різального інструменту.

## ЗАВАНТАЖЕННЯ ДИСКОВИХ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ

**Майданюк С.В., Іванюк В.М.**  
(НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

Завантаження різальної частини інструмента, в тому числі дискових відрізних фрез, визначає інтенсивність зношування інструмента та його стійкість. Оцінка завантаження різальної частини та визначення шляхів удосконалювання процесів різання, за рахунок раціонального завантаження різальної частини, є важливим резервом при створенні прогресивних різальних інструментів.

Разом зі швидкістю, схемою зрізання припуску та іншими складовими процесу різання, рівномірність завантаження різальних кромek більшою мірою залежить від товщини зрізуваного шару та тривалістю контакту досліджуваної точки ріжучої кромки з матеріалом заготовки, тобто часом різання та відпочинку. Тому, для вирішення завдань по вдосконаленню конструкції інструмента необхідно знати завантаження різних ділянок різальних кромek, зокрема – товщину зрізуваного шару.

Найчастіше спостерігається нерівномірне завантаження різальної частини інструментів, що в свою чергу, приводить до нерівномірного зношування інструмента, тому задача визначення завантаження є актуальною.

Розрахунок завантаження різальних кромek зубців є вихідним для подальшого силового та динамічного аналізу процесу відрізання фрезами, оскільки завантаження різальної кромки напряму впливає на силові та динамічні характеристики процесу різання.

Складність розрахунку відрізних фрез з різнонаправленими зубцями полягає в тому, що кожний зуб фрези має різні кути заточення. При цьому реалізується генераторна схема зняття припуску, що забезпечує розподіл стружки за шириною фрезерування. У зв'язку з наявністю перемінного кроку зубців, внаслідок різнонаправленості зубців фрези, подача на зуб для кожного зубця також буде різною. Це означає, що товщина зрізу буде різною для різних зубців та перемінною за шириною фрезерування.

В роботі визначено аналітичну залежність для визначення миттєвих значень товщини зрізуваного шару дискових відрізних фрез з різнонаправленими зубцями та проведено аналіз впливу геометричних та конструктивних параметрів фрез на товщину зрізу при роботі інструмента.

З аналізу завантаження різальної кромки дискової відрізної фрези з різнонаправленими зубцями виявлено, що на товщину зрізуваного шару суттєво впливають режими різання, а саме подача  $S_z$ , кількість зубців фрези  $z$ , інструментальні головний кут в плані  $\varphi_j$  та кут нахилу різальної кромки  $\lambda_j$ , а також впливає інструментальний передній кут  $\gamma_j$ , інші конструктивні та геометричні параметри фрези суттєво не впливають.

Одержані залежності можуть бути використані для подальшого силового та динамічного аналізу процесу відрізання дисковими фрезами.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ И СВАРКИ ДВУХСЛОЙНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ**

**Мартыновская Е.В.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

В настоящее время на предприятиях различных отраслей промышленности наблюдается тенденция роста применения механизированной и автоматизированной сварки и наплавки порошковыми проволоками различной конструкции, что предопределено большим комплексом преимуществ данных сварочных материалов. В условиях улучшения показателей качества порошковой проволоки и наплавленного ей металла требует развития соответствующих методов их расчета. Задачу по обеспечению качества сварного шва на этапе технологической подготовки производства, для прогнозирования дефектов и напряжений при сварке, для оптимизации технологических параметров процессов при выполнении условий получения заданного химсостава в требуемом слое с минимальным припуском на последующую механообработку и прогнозирования состава порошковой проволоки широко применяют математическое моделирование. Для логического обобщения работ по повышению и обеспечению качества сварного шва является разработка обобщенного программно-методического комплекса (ПМК) для реализации на САПР этих математических моделей.

При проектировании структуры ПМК он рассматривался как система в различных аспектах, соответствовавших некоторым методикам описания – чаще всего диаграммной методикой. Был использован унифицированный язык моделирования UML. UML позволяет отображать и статическую структуру, и динамическое поведение системы. Система моделировалась как группа дискретных объектов. При разработке ПМК использовали следующие виды диаграмм: DFD (Data Flow Diagrams) – диаграммы потоков данных; совместно со словарями данных и спецификациями процессов иллюстрируют функции, которые система должна выполнять; SADT (Structured Analysis and Design Technique) – диаграмма, предписывающая правила преобразования материальных и информационных потоков и описывающая преобразования между входом и выходом. Основным процессом ПМК является расчет параметров наплавки. Модуль расчета ПМК предусматривает определение большого количества параметров. Процедура построения расчетно-экспериментальной модели комплексного легирования металла, наплавленного порошковыми электродами, содержит 8 внутренних функций. Эти функции представляют собой систему нелинейных уравнений, которая базируется на экспериментальных закономерностях и учитывает физико-химические условия взаимодействия фаз при дуговой наплавке порошковыми электродами. Оценка по результатам тестирования в промышленных и лабораторных условиях показала высокую степень достоверности полученного ПМК.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТВЕРДОГО ТОЧЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ НА СТАНКАХ “ОСУМА”

**Миль Р., Портер Д., Литвиненко Т., Оборнев С.**

*(ООО «НПГ «СТАНКОПРОМИМПОРТ», г.Харьков, Украина)*

Компания ООО «НПГ «СТАНКОПРОМИМПОРТ» предлагает потребителям высокотехнологичное металлообрабатывающее оборудование от лидеров в области станкостроения – компаний “Okuma” (Япония) и “Hartford” (Тайвань).

Поставка станков включает в себя комплекс услуг по техническому аудиту и инжинирингу, поставку оборудования и инструмента, пусконаладочные работы, внедрение разработанных технологий на территории заказчика, гарантийное и сервисное обслуживание, обучение специалистов.

Нашей компанией поставлены на ПуАО «ХАРП» роботизированные комплексы на базе двухшпиндельных токарных станков с ЧПУ моделей 2SP250 и 2SP35 с автоматизированной системой загрузки/выгрузки заготовок/обработанных изделий.

На станках серии LVT на ПуАО «ХАРП» впервые на заводе была внедрена технология твердого точения внутренних и наружных колец подшипников после закалки (твердость заготовки 61-64HRC). Цель замены шлифования твердым точением - уменьшение трудоемкости изготовления колец подшипников и увеличение экономичности процесса обработки.

В процессе обработки кольца подшипника твердым точением в зоне среза из-за специально подобранной геометрии инструмента и режимов резания обрабатываемый материал нагревается и пластифицируется (температура в точке контакта до 1500 градусов). После отделения стружки происходит быстрое охлаждение материала заготовки. В результате обработки твердость заготовки уменьшается на 2 единицы, а полученная стружка имеет твердость около 45 единиц. Деталь практически не нагревается. Глубина срезаемого слоя металла 0,15...0,3 мм. Твердое точение при обработке колец подшипников на 30-50% экономичнее шлифования.

Компания ООО «НПГ «Станкопроимпорт» зарекомендовала себя как надежный и стабильный партнер, что наряду с высоким качеством поставляемой нами продукции и профессионализмом нашей команды, позволяет нам с оптимизмом смотреть в будущее.

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОЧНЫХ РЕЗЦОВ

**Мироненко Е.В., Гузенко В.С., Миранцов С.Л., Фомин Д.Г., Нелуп А.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Прочность инструмента при обработке на тяжелых токарных станках зависит от множества факторов, в том числе от колебаний, которые возникают в технологической системе механической обработки (ТСМО). Сочетание амплитуды и частоты резца определяет вид отказа. Параметры колебаний в значительной мере зависят от способа закрепления режущей пластины и жесткости конструкции сборного резца.

Для исследования динамических характеристик резцов с ламельным суппортом разработан виброизмерительный комплекс, состоящий из ПЭВМ, специального программного обеспечения, аналого-цифрового преобразователя, измерительного усилителя, датчиков ДНЗ, ДН4 и ДН5 и датчика вращения модели ROD 230-9000 немецкой фирмы Heidenhain, который позволяет производить визуальный контроль и создавать файлы данных измеряемых параметров, охватывающие весь диапазон исследуемых частот колебаний.

Для управления ПЭВМ и записи измеренных данных использовано программное обеспечение Lgraph v.2.9r2, которое предназначено для визуального наблюдения, записи и предварительной обработки данных измеренных АЦП.

Объектами экспериментальных исследований являлись частота, виброускорения колебаний блочных резцов с пластинчатым суппортом и мгновенная частота вращения главного движения в зависимости от элементов режима резания.

Полученный с измерительных датчиков сигнал записывается в виде файла на ЭВМ, визуальный контроль производился по дисплею персонального компьютера. Запись процесса обработки выполнялась с частотой дискретизации 57,143 КГц в течение 4 секунд на каждом из принятых режимов обработки, что позволяло получить 37448 дискретных значений каждого измерительного параметра в процессе резания при 3 полных оборотах заготовки.

Анализ полученных экспериментальных данных выполнялся с использованием дискретного преобразования Фурье при помощи пакета Matlab и программного комплекса Lgraph. Предварительно для определения амплитуды колебаний резцов проводится векторное суммирование записанных сигналов колебаний в различных направлениях.

Для практического применения вычисления дискретного преобразования Фурье применялся программный пакет для математических расчетов MATLAB v. 7.0. При помощи MATLAB v. 7.0 разработана программа для вычисления ДТФ и программная обработка снимаемых данных, в результате чего строится амплитудно-частотная характеристика.



# ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

**Миرونенко Е.В., Миранцов С.Л., Аносов В.Л.**  
(ДДМА, г. Краматорск, Украина)

Современные экономические условия, в которых работают машиностроительные и станкостроительные предприятия, требуют в настоящее время не только непрерывного роста производительности механической обработки, но и сокращения потребления энергетических ресурсов.

В этой связи актуальной научно-технической задачей является разработка и дальнейшее внедрение энергоэффективных процессов механической обработки на станках и высокотехнологических комплексах.

Вопросы потребления энергетических ресурсов, диверсификации использования источников энергии, сокращения потребляемой мощности отдельными процессами и энергосбережения в машиностроительной отрасли в настоящее время рассматриваются и анализируются многими авторами. Однако применительно к тяжелому машиностроению вопросы разработки и внедрения энергоэффективных процессов рассмотрены не в полной мере.

Среди параметров процесса резания и технологических систем тяжелых и уникальных станков основными параметрами, определяющими потребляемую процессом мощность являются: скорость резания ( $V$ , м/мин), подача ( $S$ , мм/об), глубина резания ( $t$ , мм), размеры твердосплавных пластин ( $h$ ,  $l$ , мм), а также такие свойства динамической технологической системы, жесткость и виброустойчивость.

Применительно к процессам фрезерования на тяжелых и уникальных станках фрезерно-расточной группы одним из путей повышения энергоэффективности процессов является использование инструментальных систем, которые используют технологию деления части срезаемого слоя.

Для исследований закономерностей протекания процессов фрезерования с делением срезаемого слоя, а также определения рациональной схемы деления с точки зрения снижения мощности фрезерования и улучшения динамических параметров процесса, предложена структурная и математическая модель технологической системы тяжелых и уникальных станков фрезерно-расточной группы, которая включает в себя процесс резания, эквивалентную упругую систему, сопутствующие резанию процессы и учитывающая переменную нагрузку на режущие элементы инструмента

На основе структурной динамической модели технологической системы разработана также компьютерная модель, реализованная в программной среде Simulink.

Проведенные исследования процесса фрезерования позволили определить рациональные схемы деления срезаемого слоя для случая торцевого фрезерования крупногабаритных деталей, на основе которых предложены рекомендации для усовершенствования конструкций торцевых фрез.

# ОСОБЛИВОСТІ НАПІВЧИСТОВОЇ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ РІЗЦЯМИ З ТВЕРДОСПЛАВНИМИ РІЗАЛЬНИМИ ПЛАСТИНАМИ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ

**Мироненко Є. В., Калініченко В. В., Нелуп А. В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Токарна обробка валків прокатних станів характеризується значною питомою часткою в загальній трудомісткості виготовлення валків. Тому підвищення ефективності токарної обробки прокатних валків є актуальною науково-практичною задачею, що стоїть перед підприємствами-виробниками прокатного обладнання. В ході технічного переоснащення виробництва прокатних валків на провідних підприємствах галузі на весь зріст постає проблема ефективного інструментального забезпечення токарної обробки. Зокрема, все частіше використовуються токарні різці з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями виробництва провідних світових фірм-виробників інструменту («Sandvik Coromant», «Kennametal», «Toshiba Tungaloy», «Pramet», «IsCAR» та ін.). Особливості технологічного процесу виготовлення прокатних валків часто вимагають використання таких різців не тільки на чистових токарних операціях, але і на операціях напівчистої обробки. Тому вивчення та наукове обґрунтування можливостей ефективної напівчистої токарної обробки валків прокатних станів різцями з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями різного складу матиме велике практичне значення для підприємств галузі.

На основі аналізу технології токарної обробки прокатних валків на ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ) та результатів проведених на цьому підприємстві випробувань різців з твердосплавними різальними пластинами провідних світових виробників при поздовжньому напівчистовому точінні валків діаметром 521...1300 мм були виявлені характерні особливості обробки, що справляють свій вплив на працездатність інструменту та обумовлюють вибір конкретної марки інструментального матеріалу з покриттям і призначення режиму різання. Серед таких особливостей слід виділити великі значення діаметрів оброблюваних поверхонь валків, значні величини припусків на напівчистову обробку (наприклад, глибина різання при поздовжньому напівчистовому обточуванні валка  $\varnothing 1300$  мм зі сталі 70X3ГНМФ досягає  $t = 7$  мм), велику довжину оброблюваної поверхні, при якій тривалість обточування поверхні на прохід може значно перевищувати період стійкості різальної пластини, особливості оброблюваності матеріалів валків (сталей 90XФ, 70X3ГНМФ, 65X2С3М та ін.). Урахування цих особливостей разом з відомими загальними закономірностями процесу токарної обробки має стати основою для розробки багатокритеріальних математичних моделей залежностей стійкісних характеристик різців з твердосплавними пластинами зі зносостійкими покриттями від умов обробки.

## ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕІНЖІНІРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В ДІЯЛЬНІСТЬ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Мирошниченко Ю.В.**

*(ХТЕІ КНТЕУ, м.Харків, Україна)*

В умовах розвитку економічної кризи в Україні, посилення конкуренції на ринку товарів і послуг, мінливості зовнішнього середовища виникає необхідність підвищення ефективності менеджменту вітчизняних машинобудівних підприємств.

В результаті зміни зовнішнього середовища і збереження старих методів управління організаціями виникає неузгодженість організації з зовнішнім середовищем. Ця неузгодженість призводить до виникнення передумов для банкрутства підприємства.

Одним з сучасних підходів до управління підприємством в кризових умовах є реінжиніринг бізнес-процесів на основі використання інформаційних технологій. Реінжиніринг бізнес-процесів -це система заходів, що включає глибокий аналіз існуючих бізнес-процесів і радикальне їх перепроєктування з метою підвищення основних показників діяльності організації, оптимізації матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, адаптації до нових умов господарювання і виведення підприємства на новий більш високий рівень .

Питаннями реінжинірингу бізнес-процесів займалися ряд вітчизняних та зарубіжних учених, таких як: О. Виноградова, Ст. Гончарук, П. Друкер, І. Мазур, Тобто Коротков, Ст. Бабушкін, Тобто Попов, Ст. Репін, М. Робсон, Е. Ойхман, Р. Саймон, О. Виханський, Ф. Уллах, Тобто Уткін, С. Колесніков, А. Фатхутдінов, О. Черемних, М. Хаммер, Л. Шейн, Д. Чампі, М. Черненко, та інші.

У той же час, незважаючи на значну кількість робіт з реінжинірингу бізнес-процесів практично відсутні дослідження, присвячені формуванню практичних рекомендацій щодо його впровадження у діяльність виробничих підприємств.

Реінжиніринг бізнес-процесів машинобудівного підприємства – це окремий варіант методики впровадження загальної концепції реінжинірингу. Тому він обов'язково повинен враховувати особливості діяльності підприємств цієї галузі, тенденції її розвитку, характерні риси організації та обліку, систему відносин з постачальниками та споживачами.

Оптимальне проведення реінжинірингу бізнес-процесів машинобудівних підприємств вимагає комплексного системного підходу з урахуванням поточного стану, стратегічних цілей підприємства, потреб споживачів. Тому в кожному конкретному випадку необхідно розробляти найбільш оптимальний сценарій впровадження реінжинірингу бізнес-процесів.

Проектування сукупності взаємопов'язаних бізнес-процесів підприємства передбачає проведення робіт з їх моделювання і подальшого перетворення.

Ця робота складається з наступних етапів:

- ідентифікація бізнес-процесів;
- зворотний інжиніринг - дослідження існуючих бізнес-процесів;
- прямий інжиніринг - побудова нових бізнес-процесів;
- розробка проекту реінжинірингу бізнес-процесів;
- впровадження нових бізнес-процесів.

Таким чином, можна зробити висновок, що реінжиніринг бізнес-процесів є дієвим інструментом для досягнення суттєвого поліпшення таких важливих для сучасного бізнесу показників результативності, як витрати, якість продукції, рівень обслуговування та оперативність.

Література: 1. Мирошниченко Ю.В. Науково-понятійний апарат реінжинірингу бізнес-процесів підприємства / Ю.В.Мирошниченко, А. І. Філіпова // Науковий журнал Бізнес Інформ. – 2012. – № . – с. 203-205.

# ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КОМБІНОВАНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВІ ТОЧІННЯ З ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНИМ НАГРІВАННЯМ

**Міранцов С.Л., Тулупов В.І., Онищук С.Г.**  
(ДДМА, Краматорськ, Україна)

В даний час при досить великій кількості робіт, що зв'язані зі застосуванням електричного струму як додаткової енергії в механічній обробці, деякі з них висвітлюють технологічні можливості точіння з електричним і з метою зміцнення поверхневого шару деталей. Крім того, літературні дані, присвячені комбінованим методам обробки з використанням додаткової енергії, що підводиться в зону різання, свідчать, що при розробці та вдосконаленні цих методів недостатня увага приділяється процесам, які виникають в технологічній системі при різанні і впливають на процес комбінованої обробки.

Одним з методів, який вимагає відносно невисокі питомі витрати енергії, є точіння з електронагрівом. Метод заснований на механічному впливі ріжучого інструменту на заготовку, який супроводжується локальним нагрівом поверхневого шару електричним струмом.

Метою роботи є дослідження процесу комбінованої обробки на основі точіння з електроімпульсним нагріванням.

Для дослідження процесу комбінованої обробки на основі точіння з електроімпульсним нагріванням розроблена комплексна структурна і математична модель технологічної моделі верстата, яка містить у собі процес різання, процес електроімпульсного нагрівання та еквіваленту пружну систему.

Відмінною рисою запропонованої структурної моделі точіння з електроімпульсним нагріванням є наявність процесу електроімпульсного зміцнення поверхні деталі  $W_{nm}(s)$ , залежного від величини сили різання  $P(t)$ , амплітуди коливань елементів технологічної системи  $y_1(t)$ , який, у свою чергу, впливає на коливання технологічної системи за рахунок формування чергуються зміцнених і не зміцнених ділянок обробленої поверхні деталі  $y_2(t)$ . Крім того, модель дозволяє врахувати такі важливі технологічні параметри як: жорсткість технологічної системи, параметри режиму різання, зміну складових сили різання при обробці, рух інструменту по сліду зміцнених і не зміцнених ділянок обробленої поверхні, а також систематичні і випадкові похибки, що виникають в технологічній системі.

На основі структурної комплексної моделі технологічної системи верстата розроблена математична модель процесу, яка реалізована для практичного використання у програмному середовищі Simulink.

Проведені дослідження процесу фрезерування дозволили визначити раціональні режими різання процесу комбінованої обробки на основі точіння з електроімпульсним нагріванням, які дозволяють отримувати регулярну структуру зміцнених ділянок та їх стабільну глибину зміцнення.

# АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СВЕРДЛІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ DEFORM 3D В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ API ІНТЕРФЕЙСІВ

Пасічник В.А., Рощепкін О.А.  
(НТУУ "КПІ", Київ, Україна)

Сучасні САПР не тільки дають можливість скоротити термін впровадження нових виробів, але й істотно впливають на технологію виробництва, дозволяючи підвищити якість і надійність своєї продукції, що, в кінцевому рахунку, визначає її конкурентоспроможність.

Розробка додатків за допомогою Software Development Kit (SDK) на базі програм Computer Aided Design (CAD) дає змогу вирішити конкретні поставлені задачі в тій чи іншій області дослідження використовуючи можливості комп'ютерного моделювання. В той же час логічним продовженням є випробування отриманого результату моделювання використовуючи Computer Aided Engineering (CAE) програми.

На відміну від CAD, системи CAE, наприклад Deform 3D, не мають відкритих API інтерфейсів взаємодії з додатками. Тому для автоматизації роботи у Deform 3D було вирішено скласти додаток, що шляхом виклику команд API Windows створював проект моделювання свердління з наперед визначеними параметрами (рис.1) Це дасть можливість автоматизувати процес моделювання свердління та отримати дані для порівняння й визначення кращого спроектованого варіанту моделі свердла згідно отриманих результатів моделювання.

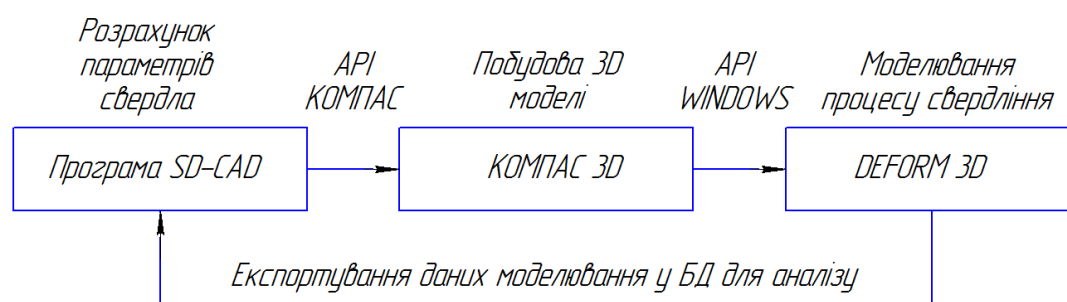


Рис.1 - Блок-схема реалізації зв'язку програм

Реалізація вищезазначеного призведе до економії часу на технологічні та розрахункові етапи розробки РІ, дасть змогу обрати найкращий варіант згідно заданих початкових умов та зазначити рекомендації при подальшій експлуатації інструменту. Зазначений підхід буде мати меншу продуктивність, ніж це могло б бути за умови використання API інтерфейсу CAE систем, проте він буде набагато ефективнішим за процес ручного, багаторазового використання CAE систем дослідження процесів різання.

## НОВИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

**Петраков Ю.В.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Проектування верстатних пристроїв є важливим етапом підготовки виробництва деталей на металорізальних верстатах. При проектуванні, як правило, вирішуються дві основні задачі: вплив пристрою, схеми базування, сили затиску тощо на точність оброблення і розрахунок необхідної сили затиску.

При вирішенні першої задачі виникає проблема урахування випадкової складової і схеми встановлення заготовки оскільки існуючі підходи не спрямовані на застосування сучасних методів моделювання. Це в багатьох випадках приводить до виникнення браку і перепроєктуванні пристроїв за результатами виробничої експлуатації, що викликає невиправдані витрати.

Вирішення другої задачі виконується з рівняння, що представляє рівновагу заготовки під дією сили різання з одного боку і сили затиску з іншого. При цьому зовсім не ураховуються пружні властивості самих пристроїв, які, разом із заготовкою, входять до технологічної оброблюючої системи (ТОС), що знаходиться під дією сили різання, яка змінюється у часі, тобто під дією динамічних навантажень. Такий недолік, як правило, компенсується застосуванням коефіцієнта запасу.

Пропонується при вирішенні першої задачі використовувати новий підхід, що базується на моделюванні процесу оброблення заготовки в пристрої з урахуванням випадкових складових, що підкоряються нормальному закону розподілу. При цьому автоматично отримується гістограма похибки та емпірична дисперсія за координатними осями у функції від геометричних параметрів верстатного пристрою, допусків, кількості деталей у партії тощо.

Вирішення другої задачі базується на вивченні функціонування верстатних пристроїв разом з процесом різання, ураховуючи найважливіші динамічні характеристики, що особливо актуально в зв'язку з підвищенням швидкостей різання на сучасних верстатах з ЧПУ. Такий підхід дозволить зменшити так званий коефіцієнт запасу, який часто називають «коефіцієнтом незнання», що приведе до підвищення ефективності пристроїв, оптимізації її вагових та енергетичних характеристик.

Моделі, що використовуються, дозволяють виконувати проектування затискних пристроїв за результатами розв'язання диференціальних рівнянь руху за всіма осями координат і апріорі вимагають застосування чисельних методів розв'язання. Також пропонується новий підхід до створення математичної моделі процесу різання заготовки у верстатному пристрої, який ураховує замкненість процесу різання, що виконується в пружній ТОС, а також оброблення за слідом.

Всі такі моделі використовуються у прикладних програмах моделювання, що розроблені на кафедрі технології машинобудування НТУУ «КПІ» і застосовуються у навчальному процесі підготовки фахівців.

## ПОЛІПШЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА

**Плівак О.А.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)*

Спіральне свердло є основним, найбільше поширеним і недосконалим представником осьових інструментів. Саме цим і пояснюється з моменту винаходу спіральних свердел постійна спрямованість науковців і виробників на розробку і удосконалення конструкції його різальної частини. Недосконалість цього інструменту перш за все пояснюється різкою зміною передніх кутів вздовж його різальної кромки. Тому удосконалення конструкції цього інструменту спрямоване на зменшення діапазону зміни передніх кутів вздовж його різальних кромок є актуальною проблемою.

Розробка нових та удосконалення існуючих конструкцій спіральних свердел, що забезпечують зменшення діапазону передніх кутів вздовж різальних кромок, головним чином, здійснюються за рахунок зміни форми проекції різальних кромок на площину, перпендикулярну осі свердла та їх розташування.

Аналіз різних конструкцій свердел зі зміненою формою різальних кромок та їх розташування показав, що не дивлячись на їх численність, вони рекомендують для свердління певних матеріалів. Дані конструкції різальної частини спіральних свердел умовно можуть бути підрозділені на дві групи: з прямолінійними ділянками та криволінійними різальними кромками.

Викривлення різальної кромки спірального свердла в проекції на площину, перпендикулярну осі свердла, найбільш не досліджено, що пояснюється нетехнологічністю цього способу поліпшення геометрії свердла та необхідністю виготовлення спеціального інструменту. Проте таке викривлення різальних кромок може бути замінено ломаними кромками. Тому розглянемо поліпшення геометрії передньої поверхні на прикладі свердла з ломаними різальними кромками з діаметрально розташованими в центральній зоні свердла.

Для поліпшення геометрії передньої поверхні пропонується в центральній зоні стандартного свердла створити діаметрально розташовані різальні кромки та самі кромки виконати ломаними. Ці свердла можуть бути виготовлені підточкою, передньої поверхні в центральній зоні, яка може бути площиною, або гвинтовою поверхнею.

В даній роботі вирішена задача поліпшення геометрії передньої поверхні спіральних стандартних свердел та свердел з ломаними кромками за рахунок їх діаметрального розташування в центральній зоні свердла. Показано, що діаметральне розташування різальних кромок може бути забезпечено як площиною так і гвинтовою їх підточкою. Зменшення діапазону зміни кутів у спіральних свердел з діаметрально розташованими кромками забезпечується ломаними різальними кромками на периферії. Змінюючи передній кут при площинній підточці центральної зони свердла, кут нахилу гвинтової підточки, та кут злому і радіус злому, можна забезпечувати необхідні значення передніх кутів, наближуючи їх до оптимальних для заданих оброблюваних матеріалів.

## ГЕОМЕТРІЯ РІЗЦІВ З ПЕРЕДНЬОЮ ПЛОЩИНОЮ, ПАРАЛЕЛЬНОЮ ОСІ, ПРИ ОБРОБЦІ ТРАПЕЦІОДАЛЬНИХ РІЗЬБ

<sup>1</sup>Равська Н.С., <sup>2</sup>Ніколаєнко Т.П., <sup>1</sup>Вовк В.В.  
(<sup>1</sup>НТУУ «КПІ», <sup>2</sup>КНУБА, м. Київ, Україна)

Нарізання трапеціодальних різьб різцями має широке розповсюдження в машинобудуванні. Різьбові фасонні різці стержневі, призматичні та круглі, як правило, мають плоску передню поверхню. Плоска передня поверхня може бути по різному розташована відносно осі оброблюваної заготовки.

В роботі розглядаються різці, у котрих передня площина іде паралельно осі оброблюваної трапеціодальної різьби. На працездатність різця, як і інших інструментів, суттєвий вплив мають величини геометричних параметрів різальної частини. Проте геометричні параметри різців при обробці трапеціодальних різьб розглядались наближено.

Разом з тим точне визначення кутів вздовж різальної кромки будь-якого інструмента дозволяє на стадії проектування прогнозувати з більшою достовірністю його працездатність та призначати більш доцільні геометричні параметри для заданих умов експлуатації. Тому визначення величин геометричних параметрів різальної частини фасонних різців при обробленні трапеціодальних різьб є актуальною задачею, що і вирішується в даній роботі.

Метою даної статті є визначення геометричних параметрів різців з передньою площиною, паралельною осі, при обробці трапеціодальних різьб для розробки їх прогресивних конструкцій, з геометрією їх різальної частини, що враховує задані умови експлуатації.

В відповідності до аналітичного визначення геометричних параметрів інструменту отримані залежності для розрахунку статичних головних передніх та задніх кутів, кута нахилу різальної кромки в будь-якій точці різальної кромки таких різців.

Аналіз отриманих залежностей показав, що статичні кути є змінними вздовж бічних різальних кромки в першу чергу за рахунок зміни кута нахилу витків різьби в різних точках профілю трапеціодальної різьби. Значення статичних передніх та задніх кутів на бічних кромках будуть значно менше інструментальних внаслідок того, що інструментальна і статична січні площини не співпадають. Крім того при великих кутах підйому різьби геометричні параметри різальної частини на двох бокових різальних кромках суттєво відрізняються один від одного. Тому різьбові різці з передньою площиною, паралельною осі оброблюваної заготовки застосовують при малих величинах кутів підйому різьби.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ Порошковой проволоки

**Разумович О.О.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

При длительной эксплуатации машин изнашивание деталей сопровождается снижением эксплуатационных показателей, что в частности вызывает ухудшение качества изготавливаемых изделий. Изнашивание рабочих поверхностей деталей нередко требует их полной замены. Это повышает себестоимость производства из-за больших амортизационных отчислений. Поэтому для решения задач повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют наплавку. При восстановительной наплавке порошковой проволокой обеспечиваются первоначальные размеры деталей. Порошковая проволока состоит из металлической оболочки – твердого однородного тела, и порошкового сердечника – сыпучего материала. В результате при наплавке часть шихты из порошковой проволоки просыпается. Из-за неравномерного поступления шихты возникает химическая неоднородность металла, что в свою очередь приводит к снижению механических свойств.

Одним из эффективных методов борьбы с просыпанием шихты является изготовление порошковой проволоки с металлическим сердечником и промежуточными втулками, которые предотвращают просыпание шихты при транспортировке и наплавке.

Целью данной работы является повышение качества металла шва путем усовершенствования способа изготовления порошковой проволоки с металлическим сердечником и промежуточными втулками, которые предотвращают просыпание шихты.

Поставленная задача решается за счет того, что металлическая лента формируется в U-подобный профиль в профилегибочном агрегате, заполняется порошковыми материалами, поступающими с дозатора. Полученная заготовка волочится в волоках волочильной машины до заданного диаметра и наматывается в бунт. При этом на начальной стадии с отдельного разматывателя поступает металлическая проволока, проводится через тянущие ролики. После разматывателя металлической проволоки установлено подающее устройство с отсекателем, который подает втулки с П- подобным пазом для установки втулки на металлическую проволоку, при этом толщина плющенной металлической проволоки равняется ширине паза втулки. Шаг подачи втулок - равняется шагу плющенной проволоки.

Применение предлагаемого способа изготовления порошковой проволоки с металлическим сердечником и промежуточными втулками, позволяет предотвратить высыпание порошкового сердечника из оболочки при транспортировке и наплавке, в результате чего получаем порошковую проволоку с высоким уровнем сварочно- технологических свойств.

## ОСОБЕННОСТИ СВАРИВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

**Разумович О.О., Иванык А.В.**  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Под свариваемостью понимают комплекс свойств металла (материала) образовывать в процессе сварки соединение, отвечающее конструктивным и эксплуатационным требованиям. Основными требованиями, предъявляемыми к сварным изделиям при их изготовлении являются, как правило, требования по механическим свойствам и качеству сварного соединения.

Механические свойства сварных соединений при сварке, в том числе и при электрошлаковом способе, определяются применяемыми сварочными материалами, режимом сварки и последующей термической обработкой.

В зависимости от условий работы к сварному шву могут предъявляться следующие основные требования: равнопрочность основному металлу; равнопрочность и идентичность по химическому составу основному металлу; обеспечение механических свойств близких основному металлу.

Для получения шва аналогичного по механическим свойствам и химическому составу основному металлу выбирают сварочные материалы того же свойства, что и свариваемые заготовки с учетом возможного выгорания отдельных элементов. В случае, если не требуется идентичности химического состава шва и свариваемых заготовок, сварочные материалы выбирают только с учетом требуемых механических свойств.

Как правило, для обеспечения необходимых свойств сварных соединений, изделия подвергают термической обработке – нормализации с отпуском. В отдельных случаях, изделия неотвественного назначения (крышки люков, плитовины и др.) проходят термическую обработку – отпуск для снятия напряжения.

Касаясь качества сварных соединений техническими требованиями оговаривают нормы допускаемых дефектов. Как правило, недопустимыми дефектами во всех сварных соединениях являются трещины.

Руководствуясь этими положениями для оценки свариваемости при электрошлаковой (ЭШС), как и при других видах сварки применяют следующие основные виды испытаний: определение стойкости металла шва против образования горячих (кристаллизационных и полигонизационных) трещин; определение сопротивляемости металла околошовной зоны образованию холодных трещин (закалочного и водородного происхождения); определение чувствительности сварных соединений к образованию трещин – надрывов; определение стойкости сварного соединения против перехода в хрупкое состояние; проверка служебных характеристик сварного соединения (механических свойств, химического состава, износостойкости и др.)

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ РУЙНУВАННЮ І ЗНОШУВАННЮ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ПРИ КОНТАКТНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

<sup>1</sup>Родічев Ю. М., <sup>1</sup>Сорока О. Б., <sup>2</sup>Васильченко Я. В., <sup>2</sup>Шаповалов М. В.

(<sup>1</sup>ІІМіц ім. Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна;

<sup>2</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

З метою оперативної оцінки ефективності поверхневої та об'ємної модифікації різальних пластин розроблено методику визначення опору руйнуванню і зношуванню при контактному навантаженні, яка передбачає випробування різальних пластин в умовах високого контактного тиску з тертям при підвищених температурах з використанням устаткування і оснащення, що застосовується при обробці різанням. В якості контртіла використовується масивна циліндрична заготовка, встановлена на токарному верстаті. Пластина, що випробовується, закріплюється у спеціальній державці різцетримача верстата таким чином, щоб кут різання мінімізував стружкоутворення. Конструкція державки передбачає встановлення силовимірювача, який контролює зусилля  $P$  притиснення пластини до контртіла. Внаслідок високого рівня контактного навантаження забезпечується утворення фаски по задній поверхні різальної пластини. Параметр зносу визначається як площа фаски  $S$ , що утворена за певний час тестування. Як характеристики опору руйнуванню прийнято питомий тиск (відношення зусилля притиснення до площі фаски –  $P/S$ ) та відношення зусилля до ширини фаски  $P/b$ . Параметр  $P/S$  характеризує опір розсіяному контактному пошкодженню, а величина  $P/b$  – опір відколюванню. При оцінці пошкоджуваності і опору зносу пластин враховуються також наявність мікротріщин на поверхні зносу, зміна геометрії контртіла в зоні контакту.

Методику застосовано при оцінці впливу обробки імпульсним магнітним полем (ОІМП) на опір руйнуванню пластин з ВК8. На токарному верстаті 1К62 було випробувано неперезагострювальні чотирьохгранні квадратні пластини у вихідному стані та після ОІМП. Контртілом слугував вал діаметром 47,8мм із сталі 40ХН, що обертався з частотою 800об/хв. Режими: подача супорта – 0,07мм/об, лінійна швидкість 120м/хв, зусилля  $P$  – 150Н, час випробувань – 6 хвилин. Аналізувались розміри відколів та фасок напівеліптичної форми, що утворились в результаті випробувань. Отримано, що фаски на пластинах після ОІМП, мають на 32% меншу площу поверхні, ніж ті, що утворились на пластині у вихідному стані (0,91мм<sup>2</sup> порівняно з 1,33мм<sup>2</sup>). Встановлено, що для пластин після ОІМП спостерігається збільшення обох параметрів, які характеризують опір руйнуванню. Для пластин після ОІМП значення  $P/S$  збільшилось на 49% і становило 168МПа,  $P/b$  зросло на 30% і було 158Н/мм.

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

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СБОРНЫХ РЕЗЦОВ

<sup>1</sup>Соловьев В.В., <sup>2</sup>Миранцов С.Л., Полупан И. И.  
(<sup>1</sup>РУДН, г. Москва, Россия, <sup>2</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Процесс восстановления профиля колесных пар на колесотокарных станках является одним из самых затратных составляющих технологического процесса ремонта подвижного состава и представляет собой сложную технологическую операцию, которая характеризуется относительно невысокой производительностью и целым рядом особенностей. Для процесса обточки колес характерно колебание в широком диапазоне припуска, твердости обрабатываемой поверхности.

Таким образом, целью работы являлось повышение эффективности процесса контурной обработки колесных пар за счет улучшения прочностных и динамических характеристик сборных резцов.

В ходе работы был проведен анализ условий эксплуатации сборных резцов для обработки колесных пар на основе создания банка данных, который предусматривал накопление, математическую обработку и оперативное использование хранимых в нем статистических данных, а также анализ структуры свойств сборного инструмента.

Далее были проведены исследования напряженно-деформированного состояния сборного режущего инструмента для обработки колесных пар проводились с помощью метода конечных элементов, а также с использованием программного продукта ANSYS.

Для оценки динамического качества сборного инструмента для обработки железнодорожных колес была построена математическая модель процесса восстановления профиля колесных пар сборными чашечными резцами, а также резцами с тангенциальным расположением пластин. Экспериментальные исследования проводились с помощью виброизмерительного комплекса, который позволял записывать и обрабатывать величины относительных виброускорений резцов.

На основании проведенных анализов прочностных и динамических характеристик сборных резцов для обработки колесных пар были предложены усовершенствованные конструкции сборного режущего инструмента, которые позволяют повысить жесткость крепления и стойкость инструмента за счет гарантированного прижима режущей пластины по опорной поверхности под вершиной к базовой поверхности гнезда корпуса.

Таким образом, в данной работе решена актуальная и важная научно-техническая задача повышения производительности обработки колесных пар сборным режущим инструментом путем повышения его прочности и жесткости крепления.

Разработанные усовершенствованные конструкции сборных резцов позволяют повысить производительность обработки колесных пар на 15%, а также снизить расход инструмента на 21-26%.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ СКЛАДНИХ ФАСОННИХ ПОВЕРХОНЬ

Солодкий В.І., Глоба А.В.

(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна. *solodrijvi@bigmir.net, g\_a\_v@ukr.net*)

Впровадження в машинобудування сучасних комп'ютерних технологій, викликали суттєві зміни в вирішенні задач формоутворення складних фасонних поверхонь та моделювання процесів формоутворення [1-4].

При формоутворенні фасонних поверхонь, як правило, використовують спеціальний інструмент з складним профілем вихідної інструментальної поверхні (ВІП) [5,6] тому корекція параметрів ріжучої частини за результатами обробки експертної партії деталей [7] є економічно не доцільною. При виготовленні складнопрофільних поверхонь замість спеціального різального інструменту використовується стандартний, який після переточки змінює свої розміри, що викликає необхідність корегування керуючих програм. Одночасно застосування постійного чисельного значення подачі призводить до того, що шорсткість різних ділянок деталі виявляється різною.

Метою дослідження є визначення напрямку переміщення інструменту та його подачі, які забезпечують постійну величину шорсткості всієї фасонної поверхні. Для вирішення поставленої перед нами задачі був використаний метод січних площин [8]. Математична модель деталі включає окрім поверхні деталі  $D$  (геометрична характеристика), ще й поверхню допуску  $D(\Pi)$  (технологічна характеристика). Якщо дискретно розглядати процес обробки, то видалений матеріал буде в вигляді зони контакту.

Розглянуто два випадки формоутворення фасонної поверхні. В першому випадку подача інструменту на початку розраховується з умови, що обробка ведеться простої поверхні (прямолінійної прямої чи нахиленої під незначним кутом), як правило, її форма та габарити визначаються виходячи з форми конкретно заданої складної поверхні. В другому випадку, коли форму простої поверхні, яка приблизно б відповідала заданій складній поверхні, складно визначити, тоді подача приймається як будь яке ціле додатне число. Різниця між вище переліченими визначеннями першого значення подачі полягає в числі ітерацій обчислень. В першому їх буде менше, а другому – більше, але він набагато простіший.

Форма та розміри твірної ВІП може бути різна. Форма самої ж зони контакту деталь-інструмент залежить від форми ВІП. Саме на цьому етапі необхідно визначитись з тим, який тип обробки застосовано, а саме на 3-ьох чи 5-ти координатних фрезерних верстатах з ЧПК.

Запропонована методика опису кінематики формоутворення дозволяє визначити напрям переміщення інструменту (напрямок подачі) який забезпечує максимальне скорочення часу витраченого на оброблення фасонної поверхні. Показано загальну методику ітераційного визначення чисельної величини подачі, яка за умови максимальної продуктивності процесу формоутворення забезпечую потрібну шорсткість рівномірно розподілену по всій деталі.

Розроблена методика може буди застосована під час підготовки керуючих програм для багатокоординатних верстатів з числовим керуванням при формоутворенні складних фасонних поверхонь. Це на сам перед відноситься до авіаційної та суднобудівної галузей машинобудування.

**Література:** 1. Чемборисов Н.А. Систематизация признаков способа формообразования // СТИН – 2002. - №8. – с.32-35. 2. Сморгалов Н.В. Численное моделирование поверхностей при обработке резанием. – Набережные Челны: КамПИ, 2003. - 203с. 3. Шевелева Г.И. Теория формообразования и контакта движущихся тел. – М: Изд-во Станкин. 1999. – 272с. 4. Беклешов В., Морозова Г. САПР в машиностроении. С.пб.: Машиностроение 2005. – 141 с. 5. Радзевич С.П. Классификация рабочих поверхностей деталей и инструментов -Днепродзержинск: Днепродзержинский индустриальный институт 1988. 185с. 6. Вайсбург В.А. Медведев Б.А. и др. Автоматизация технологической подготовки авиационного производства на базе ЭВМ и оборудования с ЧПУ. Л.: Машиностроение. 1990. 350 с. 7. Евгеньев Г.Б. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1999. – 304с. 8. Солодкий В.И. Метод подвижной поверхности при профилировании инструмента. Вестник КПИ Машиностроение 2004, вып. 45. С. 96-98.

# ВСТАНОВЛЕННЯ ПОХИБОК ОБРОБКИ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ, ОБРОБЛЕНИХ НА ВЕРСТАТАХ З ПАРАЛЕЛЬНИМИ КІНЕМАТИЧНИМИ СТРУКТУРАМИ

Стругинський В.Б., Юрчишин О.Я.  
(НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна)

Визначення точності багатокоординатних верстатів з паралельними кінематичними структурами являє собою актуальну наукову проблему. Їх вирішення є основою більш широкого застосування верстатів даного типу.

Багатокоординатні верстати з паралельними кінематичними структурами є прогресивним технологічним обладнанням. На таких верстатах здійснюється ефективна обробка деталей середньої точності із складними криволінійними поверхнями. Контроль точності верстата при обробці криволінійних поверхонь утруднено по причині відсутності у технологічній системі верстата прямолінійних та обертових рухів.

Запропонований метод оцінки точності верстата базується на обробці спеціальної деталі, що має ряд поверхонь, виміри яких дають об'єктивні дані для оцінки точності верстата. Деталь обробляється із спеціально виготовленої заготовки. Заготовка має базову плоску поверхню та перпендикулярну їй базову циліндричну поверхню. Дані поверхні визначають базову площину координат  $xOy$  та вісь  $z$ . Для визначення положення взаємно перпендикулярних вісей служать грані на поверхні заготовки. Всі вказані поверхні зберігаються при обробці заготовки на верстаті.

На верхній частині заготовки передбачена ділянка для обробки криволінійних поверхонь. Зокрема, по периферії ділянки обробляється криволінійна поверхня у вигляді еліпсоїда обертання, а в центральній частині заготовки обробляється криволінійна поверхня двоякої кривизни, яка відповідає внутрішній області тора. Таким чином, в центральній частині заготовки формується ділянка поверхні із сідловою точкою.

Для даних криволінійних поверхонь створені математичні моделі, що прив'язані до абсолютної системи координат заготовки.

Криволінійна поверхня оброблена на верстаті з паралельними кінематичними структурами. Після обробки здійснено виміри обробленої криволінійної поверхні шляхом порівняння її з математичною моделлю. Максимальні та середньоквадратичні відхилення обробленої поверхні по нормалі до поверхні, визначеній математичною моделлю, прийняті як міри точності обробки криволінійної поверхні.

Для оцінки точності криволінійної поверхні запропоновано використати криволінійний шар, утворений трьома поверхнями. Одна з них відповідає аналітичній математичній моделі поверхні, а дві інших є оригінальними вимірними масивів відхилень обробленої поверхні. Максимальна товщина криволінійного шару прийнята в якості міри точності обробки криволінійної поверхні.

Запропоновано для оцінки точності криволінійної поверхні в окремих точках використати першу і другу основні квадратичні форми поверхонь. Вони визначаються теоретично по математичних моделях поверхонь і порівнюються із результатами експериментальних вимірів. При вимірах використані контрольні пластини відповідного виду, які дотикаються до обробленої поверхні. При цьому проводяться виміри віддалення контуру пластини від поверхні. По результатах вимірів встановлюються коефіцієнти першої і другої основних квадратичних форм. Порівняння теоретично визначених коефіцієнтів із результатами експериментальних вимірів є оцінкою міри точності обробленої криволінійної поверхні.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

**Субботин О.В., Крицын Е.В.**  
(ДГМА, Краматорск, Украина)

Повышение эффективности и качества проектируемых автоматизированных систем управления направлено на уменьшение энергетических затрат, в том числе и при проектировании технических систем генерирования электроэнергии. Актуален вопрос выявления и повышения потенциала возобновляемой энергии и его эффективного использования в экономике.

Проведен анализ ветровых энергетических установок типа WTU-2,5 с целью снижения энергозатрат на позиционирование гондолы путем выявления и решения недостатков системы управления ее поворотом.

Направление и сила ветра непредсказуемы, поэтому такой источник энергии обычно считается нежелательным для реализации системы основного питания потребителей. Ветровые турбины генерируют шум, выглядят визуально непривлекательными, вращающиеся лопасти создают угрозу для птиц. Также требуются относительно высокие первоначальные затраты на их производство и установку. Исследования возможности снижения стоимости ветровой энергии являются актуальными.

Одной из основных проблем ветроэнергетической промышленности является недостаточно точная ориентация ветрогенератора на ветер. Среди всего оборудования потенциал улучшения имеют горизонтально ориентированные ветрогенераторы. Наиболее характерными причинами изменения позиции гондолы являются интенсивные изменения в направлении ветряных потоков, недостаточная точность определения угла направления позиционирования, невозможность совершить поворот на определенный угол за счет недостаточного качества работы приводных механизмов. Все это препятствует выходу выработки электроэнергии на номинальные показатели. Неэффективная работа азимутальной системы в большей степени определяет повышенный расход электроэнергии на поворотные механизмы гондолы. Потери происходят, в основном, вследствие поддержания оптимального положения гондолы в длительный период времени. По данным компании производителя, в среднем выход на номинальные показатели происходит при значительно большей силе ветра, а постоянное направление этими ветряными массами поддерживается довольно не часто, что приводит к частому позиционированию гондолы. Первопричиной, приводящей к частому позиционированию, является неточность (низкая чувствительность) в определении угла направления.

В связи с этим исследования, направленные на модернизацию азимутальной системы управления ветрогенератора, способствующих повышению выработки электроэнергии и обеспечивающих точное позиционирование гондолы, являются весьма актуальными.

## ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАЗНОЯРКОСТНЫХ МАТРИЧНЫХ ИНДИКАТОРОВ

**Субботин О.В., Тухта А.С.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Информационно-указательное табло предназначено для отображения текстовой и графической информации. В ближайшем будущем количество светодиодных информационных экранов только на рынке рекламных технологий будет только возрастать. Следовательно, светодиодные панели имеют перспективу развития, а исследования должны быть направлены на увеличение функциональности и уменьшение энергозатрат системы оптоэлектронного отображения данных.

Анализ средств отображения информации показал преимущества применения светодиодных (LED) матриц и дисплеев на их основе. LED-дисплеи обеспечивают яркость излучения свыше  $100000 \text{ кд/м}^2$ , причем их яркость может регулироваться в очень широком динамическом диапазоне. Контрастность LED-дисплеев превышает 10000:1 против контрастности жидкокристаллического (ЖК) дисплея – до 2000:1 и электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) – до 5000:1. Технология LED позволяет сохранять приемлемое качество картинки при больших углах обзора так же, как и современные ЖК дисплеи. Энергопотребление LED прямо пропорционально яркости и площади свечения. Конкурентом можно считать ЖК, так как жидкокристаллическая ячейка в рабочем режиме требует малой величины тока, но вспомогательные средства для обеспечения её работы (драйверы, подсветка) могут потреблять достаточно много электроэнергии.

Для достижения цели проведен анализ и аналитическая интерпретация принципов формирования изображения на оптоэлектронных разнояркостных матричных индикаторах и разработан модуль оптоэлектронной системы отображения данных на основе матричного индикатора.

Для реализации возможности масштабирования матрицы светодиодных панелей разработан модуль управления графическим представлением и модуль индикации. Модуль индикации по габаритным размерам совпадает с габаритными размерами светодиодной матрицы 8x8 LED-23088. Разработан алгоритм управления изображением. Печатная плата разработана в программном продукте Altium Designer, который предназначен для разработки электрических схем и печатных плат. При разработке печатной платы учитывались высокие силовые токи, для которых ширина дорожки принята 3мм, а также фактор нагрева транзисторов – они расположены в шахматном порядке, чтобы более эффективно рассеивать тепло.

Разработанное светодиодное табло выгодно отличается от аналогов, например, SIGMA AS227. При производстве партии из ста светодиодных табло, общая их стоимость уменьшается на треть по сравнению с аналогом.



## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ**

**Сукова Т.О.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

В даний час все більш актуальним стає питання створення важких багатоцільових верстатів, які зможуть замінити цілий комплекс важких верстатів. На важких токарних верстатах з числовим програмним управлінням проводиться обробка більшості деталей, які входять до складу сучасних важких машин: прокатні валки, ротори турбін і вітрогенераторів, колісні пари залізничного та гірничого транспорту, корабельні гребні вали і т.д. Розширення технологічних можливостей є актуальним завданням для забезпечення конкурентоспроможності випущеної машинобудівної продукції.

В даний час існує велика безліч конструкторських рішень всередині кожної групи і навіть виду верстатів, для яких постійно підвищуються технічні та технологічні вимоги, що в свою чергу ускладнює конструкції верстатів. Спостерігається розрив в наступності поколінь конструкторів через стан, в якому знаходяться багато наших верстатобудівних підприємств, що обумовлює нестачу висококваліфікованих фахівців в області конструювання.

З метою підвищення ефективності проектування верстатів створена база знань на основі дослідження та аналізу підприємств важкого машинобудування. Розроблені заходи її адаптації для конструювання металорізальних верстатів з використанням комп'ютерних технологій, здатних ефективно зберігати і використовувати великі обсяги знань і евристики в області верстатобудування.

Для автоматизованого синтезу конструкторських рішень при проектуванні важких токарних верстатів запропонована ієрархічна система, яка представляє систематизовані вихідні дані та відповідні їм можливі конструкторські рішення. Поле пошукового простору описано якісними критеріями, до складу яких входять критерії що описують режими експлуатації верстату, трудомісткість виготовлення, обслуговування і ремонту, конкурентоспроможність пропонованого рішення, а також основні вимоги, що характеризують рівень обробки поверхонь. Засоби набуття знань і необхідних відомостей враховують можливі джерела інформації для бази знань, а також можливість моделювання поведінки експертів при пошуку рішення задачі з вироблення раціональних варіантів конструкцій і обробці бази знань. Показано необхідність чіткого відбиття можливих рішень з урахуванням реальної ситуації, що склалася на підприємстві, і динамічної реакції на виникаючі зміни в різних правилах, якісних характеристиках і пріоритетах конструювання.

Результати роботи використані при розробці важких верстатів нового покоління на ПАТ КЗВВ та впроваджені у виробництво.

## ВПЛИВ СКЛАДУ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА СТІЙКІСТЬ ТА ЯКІСТЬ МІТЧИКІВ

Ткачук І.В., Красновид Д.О., Майборода В.С.  
(НТУУ «КПІ», м.Київ, Україна)

Одним з перспективних методів фінішного оброблення є магнітно-абразивне оброблення (МАО) у великих магнітних робочих зазорах при їх кільцевому розташуванні. Застосування МАО позитивно впливає на структуру матеріалу інструмента, покращує мікрогеометрію робочих поверхонь, підвищує поверхневу твердість та забезпечує кероване формування різальних кромки. Дослідження магнітно-абразивного оброблення порошками з округлими і осколковими частинками свідчать про переважне полірування, або зміцнення поверхневого шару виробів при фінішному обробленні.

Для визначення якісних показників поверхонь мітчиків після МАО, було проведено експериментальні дослідження на мітчиках М10 виготовлених із швидкорізальної сталі. Для формування магнітно-абразивного інструменту в процесі МАО мітчиків використовували магнітно-абразивні порошки різних типів: Полімам М, Царамам та ПР Р6М5 – частинки округлої форми; Полімам Т – частинки осколкової форми.

Після магнітно-абразивного оброблення було досліджено зміну параметру шорсткості  $R_a$  на задній та передній поверхнях мітчиків за допомогою профілографа-профілометра. Дослідженнями виявлено, що максимальна зміна шорсткості відбувається при використанні частинок магнітно-абразивних порошоків з осколковою формою при МАО мітчиків, а саме Полімам Т, за рахунок кращої абразивної здатності частинок осколкової форми. Крім того з'ясовано, що на передній поверхні мітчиків зміна шорсткості не суттєва через затримку частинок порошку в стружкових канавках в процесі оброблення.

Поверхнева твердість мітчиків була виміряна на задній поверхні мітчиків на мікротвердомірі ПМТ-3. Після МАО округлими типами порошоків поверхнева твердість збільшилась, що пояснюється умовами контакту оброблюваних поверхонь і магнітно-абразивного інструмента з урахуванням реальних значень величин радіусів округлень різальних кромки зерен  $r_{кз}$ .

Вимірювання зміни величини радіусів округлення різальних кромки робочих елементів мітчиків після циклу МАО різними типами магнітно-абразивних порошоків демонструє їх вплив на формування заокруглених зміцнених різальних кромки більшого радіуса при збереженні різальних властивостей.

Випробування стійкості мітчиків оброблених магнітно-абразивними порошками з частинками різної форми, показали її зростання не менше ніж в 2 - 2,5 рази при досягненні граничного зношення по задній поверхні мітчика.

Таким чином, застосування магнітно-абразивних порошоків з частинками різної форми при МАО мітчиків дозволяє збільшити їх стійкість та якість, що пояснюється покращенням мікрогеометрії робочих поверхонь і фізико-механічних властивостей поверхневого шару інструменту.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТАЛОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

<sup>1</sup>Федоран Ю.А., Барандич Е.С., Волкогон В.М.;

<sup>2</sup>Антонюк В.С., Выслоух С.П., Аврамчук С.К.

(<sup>1</sup>ИПМ им.И.Н. Францевича НАНУ, г. Киев, Украина;

<sup>2</sup>НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина)

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

При механической обработке инструментальных легированных сталей высокие температуры и давления в зоне резания оказывают определяющее влияние на формирование поверхностных слоев, которые определяют эксплуатационные свойства деталей.

Применение сверхтвердых инструментальных материалов, таких как гексанит, которые имеют высокую теплопроводность способствует смещению уровня остаточных напряжений и, как следствие, повышению усталостной прочности материалов [1].

Исследование особенностей влияния вида инструментального материала и режимов механической обработки на структурное состояние поверхностных слоев и усталостные характеристики инструментальной легированной стали ХВСГ. Проведены исследования поверхностных слоев стали ХВСГ полученных при шлифовании абразивными кругами, кругами из гексанита-А и при точении резцами из гексанита-Р, которые показали следующее:

- количество остаточного аустенита при обработке резцами из гексанита-Р минимально в диапазоне скоростей резания 40-80 м/мин.;

- обработка инструментом из гексанита-Р для  $\alpha$ - и  $\gamma$ -фаз в поверхностном слое сопровождается только сжимающими остаточными напряжениями, в то время как абразивная обработка способствует возникновению растягивающих напряжений I-рода в  $\alpha$ -фазе структуры скоростного отпуска;

- выносливость шлифованных образцов существенно ниже выносливости образцов после точения гексанитом-Р. Ограниченный предел выносливости при шлифовании абразивным кругом (560 МПа) на 32% ниже, чем при точении, при этом увеличение скорости резания от 50 до 200 м/мин не приводит к существенному изменению сопротивления усталости.

**Литература:** 1. Волкогон В.М., Антонюк В.С., Аврамчук С.К., Кравчук А.В., Котляр Д.А., Федоран Ю.А. Влияние скорости обработки гексанитом-Р на выносливость стали ХВСГ // Международный научно-технический сборник «Резание и инструмент в технологических системах».- Харьков: НТУ «ХПИ».- 2011. - № 80. – С. 38-42.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

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

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

Предложены и исследуются перспективные технологические варианты получения двухслойных чугуновых отливок с дифференцированной структурой и свойствами, которые заключаются в разделении исходного белого чугуна во время заливки расплава в литейную форму на два потока, один из которых направляется непосредственно в полость формы, а второй сначала подвергается графитизирующему (рис. 1, а) или сфероидизирующему (рис. 1, б) модифицированию в реакционной камере литниковой системы, после чего заполняет оставшуюся часть полости формы. В случае не смешивания чугунов при заливке форм, одна часть отливки кристаллизуется из износостойкого твердого белого чугуна, а другая часть - из серого чугуна с пластинчатым графитом (рис. 1, а) или из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (рис. 1, б).

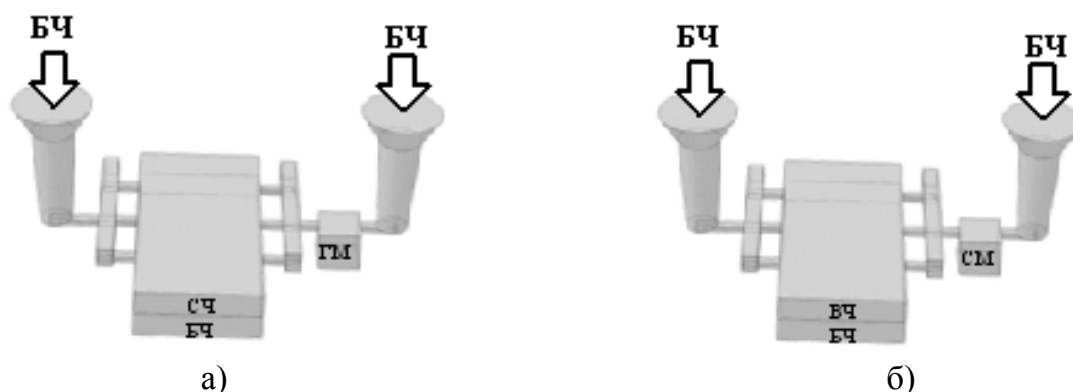


Рис. 1 – Схема исследуемых технологических вариантов получения двухслойных отливок:  
БЧ – белый чугун, СЧ – серый чугун, ГМ – графитизирующий модификатор,  
СМ – сфероидизирующий модификатор

Для стабильного получения структуры и свойств серого чугуна с пластинчатым графитом и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом из исходного белого чугуна в работе предварительно проведены исследования по оптимизации сфероидизирующих и графитизирующих добавок. Кроме того, выявлены закономерности влияния температурно-временных режимов заливки расплава и конструктивно-технологических приемов для предотвращения гидродинамического перемешивания расплавов чугунов, заполняющих полость литейной формы.

Результаты исследований были использованы при изготовлении опытно-промышленных отливок «Плита броневая», «Нож», «Поршень» массой до 20 кг, кристаллизующихся в одной части из белого чугуна с перлитно-цементитной структурой и в другой части из серого чугуна с пластинчатым графитом или высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в феррито-перлитной металлической матрице.

Основным преимуществом предлагаемых технологических вариантов является исключение необходимости установки и использования двух плавильных агрегатов для выплавки разных чугунов или ковшевого модифицирования порции базового расплава чугуна перед заливкой в форму, что приводит к уменьшению экономических и энергетических затрат при изготовлении отливок (заготовок) с дифференцированной структурой и свойствами.

## **ПОВЫШЕНИЕ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТОЧНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ**

**Хорошайло В.В.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Существующие инструментальные системы, которые используются при обработке отверстий достаточно большого диаметра в деталях типа втулок и цилиндров, не позволяют вести обработку на токарно-винторезных станках с высокими скоростями резания. Зачастую, причиной этому являются особенности процесса растачивания, при котором расточной резец осуществляет обработку с большим вылетом, что является причиной его большой податливости под действием сил резания и приводит к низкой виброустойчивости. Так как жесткость шпиндельного узла и суппорта достаточно высока, следовательно, основная проблема возникает в инструментальной системе. При токарной обработке всегда рекомендуется использовать инструмент с минимально возможным вылетом из резцедержателя и максимальным сечением державки для увеличения жесткости. Однако при растачивании, вылет обусловлен прежде всего глубиной обрабатываемого отверстия, а увеличение сечения державки ограничено параметрами резцедержателя используемого станка. Следствием указанных особенностей является низкая жесткость инструмента и недостаточная виброустойчивость процесса растачивания, что снижает параметры качества поверхности обрабатываемых отверстий.

Одним из способов снижения уровня вибраций при механической обработке является повышение жесткости упругой системы «станок-приспособление-инструмент-деталь». Исходя из этого, была разработана инструментальная система, которая частично компенсирует силы резания, возникающие в процессе резания, что в итоге уменьшает прогиб расточного резца. Применение разработанной инструментальной системы позволяет резцу осуществлять процесс растачивания в двухопорном положении, что существенно повышает жесткость инструмента и виброустойчивость процесса растачивания.

Для проверки эффективности применения разработанной инструментальной системы проводилось компьютерное моделирование с применением программного комплекса Компас 3D V15 и системы прочностных расчетов АРМ FEM.

В процессе компьютерного моделирования были созданы трехмерные модели реальных объектов исследования, отдельно расточного резца и инструментальной системы, которая включала в себя расточной резец с разработанной инструментальной оснасткой. Были проведены статические и динамические расчеты, в результате которых определялись прогибы, напряжения, собственные частоты и амплитуда колебаний расточных резцов.

Экспериментальные исследования проводились для проверки адекватности компьютерного моделирования и проверки работоспособности разработанной инструментальной системы в производственных условиях. В экспериментах проводилось растачивание сквозного отверстия как отдельно взятым расточным резцом, так обработка с использованием разработанной инструментальной системы. Растачивание проводилось при разных режимах резания и вылетах резца из резцедержателя.

По результатам компьютерного моделирования и экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что вылет державки расточного резца оказывает доминирующее влияние на значение прогиба и амплитуду колебаний расточного резца под действием сил резания. Применение разработанной инструментальной системы приводит к значительному уменьшению прогиба расточного резца при больших вылетах, снижает амплитуду и собственную частоту колебаний. Повышение виброустойчивости режущего инструмента дает возможность улучшить качество обработанной поверхности, динамические характеристики процесса растачивания и увеличить производительность обработки.

## **ОБЩАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ЗУБООБРАБОТКЕ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.**

**<sup>1</sup>Шелковой А.Н., <sup>1</sup>Клочко А.А., <sup>2</sup>Палашек С.Ю., <sup>2</sup>Терещенко Т.В.**  
(<sup>1</sup>НТУ«ХПИ», г.Харьков, Украина, <sup>2</sup>ДГМА, г.Краматорск, Украина)

Рассмотрен новый подход к прогнозированию погрешностей механической обработки зубчатых колес базирующийся на принципах суперпозиции, векторном характере составляющих погрешности и методе статистического математического моделирования методом Монте– Карло.

Отличием реального формообразования от номинального (идеального) является наличие отклонений геометрии реальных профилей от номинальных. Основными конечными задачами, которые должны быть решены при исследовании закономерностей реального формообразования, являются задачи прогнозирования с заданной достоверностью возникающих погрешностей.

Анализ механизмов формирования погрешностей зубчатых колес свидетельствует о том, что элементарные погрешности технологических систем операций зубообработки характеризуются случайными числовыми характеристиками, определяющими величину и характер вхождения в соответствующие комплексные составляющие, которые, в свою очередь, взаимодействуя между собой, определяют исследуемые погрешности зубчатых колес.

Так как исследуемые погрешности обработки возникают в результате воздействия ряда случайных факторов, характеристики которых, в зависимости от уровня сложности структурного строения погрешностей, являются величинами или функциями, носящими случайный характер проявления, их определение возможно с использованием методов теории вероятностей. Для построения расчетной схемы статистического моделирования стохастической модели элементарные технологические погрешности разбиваются на три вида: погрешности, сдвигающие зубчатые колеса в плоскости обработки и тем самым создающие геометрический эксцентриситет, перекашивающие погрешности, создающие перекося плоскости обработки ЗК и погрешности, проворачивающие плоскость обработки и создающие кинематический эксцентриситет.

Проведенный анализ априорных представлений об объекте моделирования позволил выделить наиболее значимые информативные параметры процесса зубообработки с учетом динамических параметров и в значительной степени обуславливается изменением во времени геометрических и кинематических характеристик для всех точек периметра режущих кромок всех работающих зубьев червячной фрезы.

## ЗМІСТ

<i>Алиев И.С., Абхари П.Б., Ерёмина А.А.</i> Боковое выдавливание отрошков в разъемных матрицах.....	8
<i>Алиев И.С., Гнездилов П.В.</i> Анализ энергосиловых параметров при выдавливании полых конических деталей.....	10
<i>Антоненко Я.С.</i> Моделирование формообразующих движений токарного станка.....	12
<i>Астахова Е.С., Корчак Е.С.</i> Оценка прочностных свойств базовых деталей кривошипно-шатунных механизмов в тяжелом машиностроении	13
<i>Бережная Е.В.</i> Тепловые процессы при консолидации порошковой среды электроконтактным способом.....	14
<i>Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Григорьев В.К.</i> Адаптивное управление процессами резания на тяжелых станках.....	15
<i>Васильченко Я.В., Турчанин М.А., Шаповалов М.В., Киреева А.Е.</i> Повышение эффективности режущего инструмента на тяжелых станках за счет разработки и внедрения технологического метода обработки импульсным магнитным полем.....	16
<i>Вовк В.В.</i> Вибір форми передніх та задніх поверхонь сферичних кінцевих фрез.....	17
<i>Вовк В.В., Герасимчук О.М.</i> Оброблення конічних поверхонь торцевою фрезею.....	18
<i>Воробйов С.П., Карпенко А.В., Равська Н.С.</i> Нарізання точних арочних зубчастих коліс.....	19
<i>Вороненко В.М.</i> Дослідження енергоємності процесу пересування гусеничних рушіїв екскаваторів.....	20
<i>Гавриш П.А.</i> Исследование проблем ремонта буксовых узлов мостового крана (320т).....	21
<i>Глоба О.В., Гречук А.І.</i> Підвищення якості отворів при свердлінні ВПКМ	22
<i>Гончарук К.В., Алиева Л.И., Грудкина Н.С., Таган Л.В., Шкира А.В.</i> Анализ энергосиловых параметров процесса комбинированной осадки...	24
<i>Давиденко А. П., Игнатова Е. Н., Славков В. Н.</i> Применение системы «Цифотек» в задачах активного теплового контроля.....	26
<i>Джулій Д.Ю., Майборода В.С., Еттер Т.</i> Формування радіусу округлення різальних кромок зубонарізних зубків при магнітно-абразивному обробленні.....	28
<i>Дорохов М.Ю., Величко Н.В.</i> Дослідження динамічних навантажень баштового крана.....	29
<i>Дорохов Н.Ю.</i> Перспективы применения лазерной разметки при раскрое листового проката для изготовления крановых мостов.....	30
<i>Дорохов Н.Ю., Воронина А.В.</i> Исследования динамических нагрузок в однобалочном мостовом кране с консольно расположенной тележкой.....	31
<i>Дорохов Н.Ю., Марченко А.А.</i> Анализ нагрузок в коленах автогидроподъемника при основных рабочих положениях.....	32

<b>Кабацкий А.В., Кабацкий В.И., Дудинский А.Д.</b> О роли зоны сплавления в образовании холодных околошовных трещин в сварных соединениях закаливаемых сталей.....	33
<b>Калафатова Л.П., Ярошевский С.П.</b> Обоснование структуры эффективного технологического процесса механической обработки мало жестких деталей.....	34
<b>Калиниченко В. В., Щусь Д. В.</b> Факторы обеспечения высокой стойкости твердосплавного режущего инструмента с износостойким покрытием с боридными слоями при чистовом точении сталей.....	35
<b>Калініченко В. В.</b> Перспективні характеристики наноструктурованих боридних шарів для зносостійких покриттів різальних інструментів.....	36
<b>Кассов В.Д., Кошель С.П.</b> Теоретические разработки по усовершенствованию ленточных конвейеров.....	37
<b>Квитницкий А.М.</b> Анализ методов выведения из состояния заклинивания тяжелых машин на базе кривошипно-шатунных механизмов.....	38
<b>Клименко Г.П. Кучма Е.В.</b> Исследование качества эксплуатации технологической системы тяжелых станков.....	39
<b>Клименко С.Ан., Клименко С.А.</b> Особливості напруженого стану передньої поверхні інструменту із пнтм на основі CBN із аморфним покриттям.....	40
<b>Ковалев В.Д., Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Кучма Е.В.</b> Разработка иерархической системы свойств, составляющих качества тяжелого токарного станка.....	41
<b>Ковалев В.Д., Лишенко А.Н.</b> Анализ методов повышения эффективности процесса токарной обработки крупногабаритных деталей на станках с ЧПУ	42
<b>Ковалев В.Д., Мельник М.С., Макогоненко В.С.</b> Разработка системы компенсации геометрических и температурных отклонений направляющих продольного движения тяжелого токарного станка.....	43
<b>Ковалев В.Д., Тимофеев Ю.В., Клочко А.А., Кравченко Д.А.</b> Изотермическая стационарная задача смазывающих жидкостей высокоскоростных, тяжело нагруженных зубчатых передач.....	44
<b>Ковалёва О.А.</b> Разработка гидравлических систем управления машинами в тяжелом машиностроении повышенной компактности.....	45
<b>Ковальов В.Д., Мельник М.С., Березовська Я.К.</b> Система адаптивного керування точністю форми виробу для важких токарних верстатів.....	46
<b>Ковальов В.Д., Мироненко Є.В., Шелковий О.М., Пермяков О.А., Клочко О.О., Кравченко Д.О.</b> Нове в освоєнні і виготовленні гідродинамічних циліндричних зубчастих високошвидкісних коліс при ньютонівському спроможності змащувальних рідин.....	47
<b>Ковальова Н.В.</b> Криптографічний захист інформації на основі стандарту ISO/IEC 18031.....	49
<b>Кожемякин В.Г., Шаповалов В.А., Бурнашев В.Р., Биктагиров Ф.К.</b> Экспериментальная установка для определения износостойкости упрочненных медных сплавов.....	51



<i>Корчак О.С., Кривунь В.С.</i> Ефективне застосування нових інноваційних технологій для оновлення парку обладнання підприємств важкого машинобудування.....	52
<i>Круглов В. В.</i> Державно-приватне партнерство в машинобудуванні.....	53
<i>Крупко И. В., Абакумов Д. С.</i> Обоснование рациональных параметров противоугонных устройств порталных кранов и методы повышения их эффективности.....	54
<i>Крупко И.В., Дзержинская О.В.</i> Исследование конструкции механизмов шагания экскаваторов с учетом проходимости горнотранспортных машин	55
<i>Крупко I.В.</i> Обґрунтування параметрів чотирьохопорного крокуючого механізму на основі експериментальних досліджень.....	56
<i>Кузнецов Ю.Н.</i> Проблемы подготовки инженерных и научных кадров в эпоху инновационной экономики.....	57
<i>Кузнецов Ю.М. Придальний Б.І.</i> Генетичні формули опису і структурні схеми самоналагоджувальних приводів затиску.....	58
<i>Кусий Я.М., Кузін О.А.</i> Роль структури литих заготовок у формуванні пошкодженості при механічній обробці.....	59
<i>Кушик В. Г.</i> Підвищення точності виготовлення деталей поліграфічних машин.....	60
<i>Кушик В. Г., Буховець В.М.</i> Забезпечення ефективності обробки деталей машин на токарних верстатах з ЧПК.....	61
<i>Кушик В. Г., Олійник В. Г.</i> Забезпечення ефективності виготовлення деталей поліграфічного технологічного обладнання на верстатах з ЧПК	62
<i>Кушик В. Г., Олійник В. Г.</i> Підвищення надійності обробки деталей поліграфічних машин.....	63
<i>Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В.</i> Сферичні роликові підшипники.....	64
<i>Лобов А.В., Ковальов В.Д.</i> Вибір металорізальних верстатів за службовим призначенням.....	65
<i>Луців І.В., Волошин В.Н., Бица Р.О.</i> Геометрична адаптація затискних механізмів автоматизованого обладнання для токарної обробки.....	66
<i>Майборода В.С., Ковальова Л.І., Ткачук І.В.</i> Моделювання процесу зношення свердел.....	67
<i>Майданюк С.В., Іванюк В.М.</i> Завантаження дискових відрізних фрез....	68
<i>Мартыновская Е.В.</i> Применение автоматизированных и роботизированных технологий для процесса наплавки и сварки двухслойной порошковой проволокой.....	69
<i>Миль Р., Портер Д., Литвиненко Т., Оборнев С.</i> Реализация процесса твердого точения колец подшипников на станках “Осума”.....	70
<i>Мироненко Е.В., Гузенко В.С., Миранцов С.Л., Фомин Д.Г., Нелуп А.В.</i> Диагностический стенд для исследований динамических характеристик блочных резцов.....	71
<i>Мироненко Е.В., Миранцов С.Л., Аносов В.Л.</i> Повышение энергоэффективности процессов фрезерования на тяжелых станках фрезерно-расточной группы.....	72

<i>Мироненко Є. В., Калініченко В. В., Нелуп А. В.</i> Особливості напівчистої токарної обробки валків прокатних станів різцями з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями	73
<i>Мирошниченко Ю.В.</i> Проблеми впровадження реінжинірингу бізнес-процесів в діяльність машинобудівних підприємств	74
<i>Міранцов С.Л., Тулунов В.І., Онищук С.Г.</i> Вдосконалення методів комбінованої обробки поверхонь деталей машин на основі точіння з електроімпульсним нагріванням	75
<i>Пасічник В.А., Рощепкін О.А.</i> Автоматизація дослідження процесів свердління за допомогою програми Deform 3D в умовах відсутності API інтерфейсів	76
<i>Петраков Ю.В.</i> Новий підхід до проектування верстатних пристроїв	77
<i>Плівак О.А.</i> Поліпшення геометрії спірального свердла	78
<i>Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П., Вовк В.В.</i> Геометрія різців з передньою площиною, паралельною осі, при обробці трапеціодальних різьб	79
<i>Разумович О.О.</i> Совершенствование способа изготовления порошковой проволоки	80
<i>Разумович О.О., Иванык А.В.</i> Особенности свариваемости сталей в условиях электрошлаковой сварки	81
<i>Родічев Ю. М., Сорока О. Б., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В.</i> Визначення опору руйнуванню і зношуванню різальних пластин при контактному навантаженні	82
<i>Соловьев В.В., Миранцов С.Л., Полуван И. И.</i> Повышение эффективности восстановления колесных пар на основе исследования прочностных и динамических характеристик сборных резцов	83
<i>Солодкий В.І., Глоба А.В.</i> Математичне моделювання формоутворення складних фасонних поверхонь	84
<i>Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я.</i> Встановлення похибок обробки криволінійних поверхонь, оброблених на верстатах з паралельними кінематичними структурами	85
<i>Субботин О.В., Крицын Е.В.</i> Повышение эффективности работы ветрогенератора	86
<i>Субботин О.В., Тухта А.С.</i> Оптоэлектронная система отображения данных на основе разнояркостных матричных индикаторов	87
<i>Сукова Т.О.</i> Підвищення ефективності автоматизованого виробництва за допомогою використання інформаційної системи прогнозування параметрів важких верстатів	88
<i>Ткачук І.В., Красновид Д.О., Майборода В.С.</i> Вплив складу магнітно-абразивного інструменту на стійкість та якість мітчиків	89
<i>Федоран Ю.А., Барандич Е.С., Волкогон В.М.; Антонюк В.С., Выслоух С.П., Аврамчук С.К.</i> Исследование влияния режимов механической обработки на усталостные характеристики инструментальных легированных сталей	90

<b>Фесенко А.Н., Фесенко М.А.</b> Новые технологические варианты изготовления двухслойных чугунных отливок.....	<b>91</b>
<b>Хорошайло В.В.</b> Повышение виброустойчивости расточных резцов при обработке отверстий большого диаметра на токарно-винторезных станках	<b>92</b>
<b>Шелковой А.Н., Клочко А.А., Палашек С.Ю., Терещенко Т.В.</b> Общая имитационная модель формирования погрешностей при зубообработке лезвийным инструментом.....	<b>93</b>

Scientific publication

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

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

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,  
minutes №10 dated May 28, 2015

Signed print 29.05.2015 Conv.-printed sheets 6,25.	Paper size 60×84 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> . Accont.-publ. sheets 6.
-------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

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  
XIII Міжнародної  
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,  
протокол №10 від 28.05.2015

Підп. до друку 29.05.2015 Ум. друк. арк. 6,25.	Формат 60×84 <sup>1/16</sup> . Обл.-вид. арк. 6.
---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

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