

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ**  
**V Міжнародної**  
**науково-технічної конференції**

Краматорськ 2007

## УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали п'ятої Міжнародної науково-технічної конференції 4-7 червня 2007 року / Під заг. ред. В.Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – 132 с.

**ISBN 978-966-379-150-0**

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

### МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

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

Члени комітету:

<b>Алієв І.С.</b> ,	д.т.н., проф., проректор з НДР ДДМА
<b>Бушуєв В.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. МГТУ "СТАНКИН", Росія
<b>Берко О.Я.</b> ,	ген. директор ВАТ "СКМЗ"
<b>Берсуцький Я.Г.</b> ,	д.е.н., проф., ректор ДУЕГП
<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>Галіцин В.К.</b> ,	д.е.н., проф., зав. каф. КНЕУ
<b>Грабченко А.І.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
<b>Данич В.М.</b> ,	д.е.н., директор інституту СУНУ
<b>Дюбнер Л.</b> ,	докт.-інж., проф., МГУ, Магдебург, Німеччина
<b>Залога В.О.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. СДУ
<b>Калафатова Л.П.</b> ,	д.т.н., проф. ДонНТУ
<b>Клименко Г.П.</b> ,	д.т.н., проф. ДДМА
<b>Клименко С.А.</b> ,	д.т.н., проф., заст. директора ІНМ НАН України
<b>Клименюк М.М.</b> ,	д.е.н., проф., зав. каф. АМУ
<b>Ковалевський С.В.</b> ,	д.т.н., проф., проректор ДДМА
<b>Ковальов В.Д.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
<b>Кутєпов М.Л.</b> ,	к.т.н., голова ради акціонерів ВАТ "Краммашпроект"
<b>Лєпа М.М.</b> ,	д.е.н., проф., дир. НДЦ ІЕП НАН України
<b>Матюха П.Г.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДНТУ
<b>Мельничук П.П.</b> ,	д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
<b>Михайлов О.М.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. ДонНТУ
<b>Мироненко Є.В.</b> ,	д.т.н., проф., декан ДДМА
<b>Мовшович О.Я.</b> ,	д.т.н., проф., гол. інж. ХНДІТМ
<b>Новіков М.В.</b> ,	академік НАН України, директор ІНМ
<b>Павленко І.І.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
<b>Петраков Ю.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Равська Н.С.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Радовановіч М.</b> ,	проф. Університету міста Ніш, Сербія
<b>Рамазанов С.К.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. СУНУ
<b>Родін П.Р.</b> ,	д.т.н., проф. член-кор. НАН України, НТУУ "КПІ"
<b>Струтинський В.Б.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
<b>Суков Г.С.</b> ,	ген. директор ЗАТ "НКМЗ"
<b>Тимофєєв Ю.В.</b> ,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

**ISBN 978-966-379-150-0**

© ДДМА 2007

## **ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРАВКИ АЛМАЗНОГО КРУГА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Азарова Н.В., Матюха П.Г.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В условиях рыночных отношений повышение производительности и снижение себестоимости конкурентоспособной продукции является одной из основных задач промышленного производства. Повышение производительности обработки шлифованием может быть достигнуто обеспечением необходимой режущей способности круга, а также уменьшением сил резания за счет применения прогрессивных методов правки. Поскольку режущая способность круга и силы резания определяются характеристиками рабочей поверхности круга (РПК), совершенствование способов определения характеристик РПК является актуальной задачей.

Цель работы: разработка измерительного комплекса для определения характеристик РПК с автоматической регистрацией данных и формированием выборок на ПЭВМ, а также исследование влияния способа правки алмазного круга на характеристики РПК.

Для исследования РПК предложен измерительный комплекс, позволяющий регистрировать на ПЭВМ рельеф рабочей поверхности кругов на металлической связке с выделением рельефа зерен и связки.

По результатам профилографирования рабочей поверхности шлифовального круга 1А1 250×16×75×5 АС6 100/80-4-М2-01, подвергнутого правке электроэрозионным способом и шлифованием абразивным кругом, оценивали следующие параметры: разновысотность зерен относительно наиболее выступающего зерна, расстояние между зернами и выступание зерен из связки.

Средняя разновысотность зерен, сформированная электроэрозионной правкой, превышает среднюю разновысотность, сформированную правкой шлифованием абразивным кругом, в 1,8 раза; среднее расстояние между зернами на РПК, сформированной электроэрозионной правкой, превышает аналогичную характеристику РПК, сформированной правкой шлифованием абразивным кругом, в 2,6 раза; средняя высота выступания зерен из связки после правки электроэрозионным способом в 1,2 раза превышает аналогичный параметр после правки шлифованием абразивным кругом (максимальная – в 1,8 раза.). Процент вскрытых зерен после электроэрозионной правки составляет 37,5...40 %, после правки шлифованием абразивным кругом – 16...18,5 %.

Таким образом, электроэрозионная правка обеспечивает более высокую режущую способность круга и уменьшает вероятность контактирования связки с обработанной поверхностью в процессе шлифования, что в свою очередь будет способствовать снижению сил резания.

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ В КАЛИБРАХ ТАНТАЛОВОЙ ПРОВОЛОКИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Алиев И.С., Матвийчук В.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Технология изготовления танталовой проволоки базируется на процессах прессования и волочения в жестких волоках. При волочении упрочнение тантала усиливает его склонность к налипанию на инструмент, что ограничивает величину вытяжки за проход, обуславливает необходимость применения частых промежуточных термообработок и соблюдения повышенных требований к условиям смазки. При этом волочение является трудоемким много переходным процессом. Поверхность получаемой проволоки малых диаметров отличается повышенной шероховатостью и наличием дефектов. В силу этого, при волочении часто наблюдаются обрывы проволоки, что, в свою очередь, еще больше снижает производительность труда.

Целью данной работы является разработка процесса изготовления танталовой проволоки, обеспечивающего повышение производительности труда и качества изделий. Поставленная цель достигается путем введения операции волочения танталовой проволоки в калибрах.

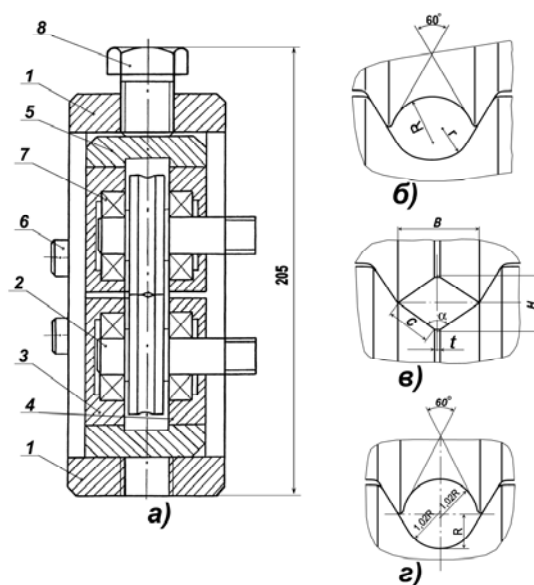
Процесс волочения в калибрах был реализован нами для изготовления танталовой проволоки в условиях производства на базе существующих волочильных установок. На рис. 1 *а* представлено разработанное устройство для осуществления волочения в калибрах в виде клетки-коробки. Устройство состоит из корпуса 1; двух цилиндрических валков 2, образующих рабочими поверхностями канавку-калибр в виде овала (1 б), ромба (1 в) и круга (1 г); подшипниковых узлов 3, 4, 7; болта 8 и подушки 5, используемых для регулирования размеров калибра.

Устройство работает следующим образом. Заостренный конец проволоки пропускается через калибр между валками 2 и вставляется в захват приводного барабана, на столике которого фундаментными болтами крепится клетка-коробка. С помощью винта 8 через подушку 5 сдвигаются подшипниковые узлы на расстояние, обеспечивающее рекомендуемый коэффициент заполнения калибра ( $\delta \leq 0,75...0,9$ ). Включается привод барабана и осуществляется волочение проволоки через калибр между свободно вращающимися валками. При переформовке проволоки ее кантовка на угол  $90^\circ$  обеспечивается тем, что перед очередным проходом устанавливается предыдущая клетка-коробка, повернутая к своему исходному положению на  $90^\circ$ .

Размеры валков и калибров рассчитываются исходя из рекомендуемого коэффициента вытяжки. В разработанной нами конструкции межосевое расстояние составляет  $A_0 = 55$  мм. Минимальный параметр  $A_0 / d_0$ , при начальном диаметре проволоки  $d_0 = 4$  мм, составляет  $A_0 / d_0 \approx 14$ . По мере обжатия проволоки указанное

отношение увеличивается, так что при  $d_0 = 2$  мм указанный параметр  $A_0 / d_0 \approx 27,5$ .

На основании результатов пробных экспериментов были установлены оптимальные значения коэффициента вытяжки при волочении калибрах танталовой проволоки, которые для разработанных калибров составляют  $\lambda_{opt} = 1,6...1,3$ . При этом более высокие значения следует назначать на начальных этапах калибровки, а меньшие – на заключительных этапах при меньших диаметрах проволоки. В случае реализации более высоких значений коэффициента  $\lambda$  и коэффициенте заполнения калибров возникает опасность нестабильности процесса, появления заусенцев и пр. При небольших значениях  $\lambda$  уменьшается степень обжатия и, следовательно, производительность процесса.



а); виды канавки-калибра: б) - овал, в) - ромб, з) - круг

Рисунок 1 – Клеть-коробка для волочения в калибрах танталовой проволоки

С целью оптимизации процесса волочения проволоки в калибрах нами произведен анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) проволоки, оценка деформируемости материала, исследованы механические характеристики проволоки после каждого прохода, что позволило скорректировать параметры калибровки и обоснованно назначать промежуточные термообработки.

При изготовлении тонкой танталовой проволоки в качестве дополнительной промежуточной операции следует вводить волочение в калибрах, что повышает производительность производства и качество проволоки. Волочение в калибрах технологически целесообразно проводить до диаметров проволоки  $\geq 1,5...2$  мм. Улучшение условий трения на контакте с инструментом, схемы НДС, проявление немонотонности деформирования и эффекта Баушингера способствуют уменьшению локального утонения и обрывности проволоки.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗНОСОСТОЙКОГО ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ВЫСАДКИ

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

Характерной особенностью развития современного машиностроения является стремление производить формообразование деталей не столько за счет использования обработки металлов резанием, сколько за счет применения прогрессивных методов получения точных заготовок.

Экономическая целесообразность использования холодной штамповки в значительной мере определяется стоимостью штампов, приходящейся на единицу изделия, величина которой в основном обуславливается их стойкостью. Увеличение стойкости штампов повышает производительность труда в цехах холодной штамповки. Первоначальные расходы на инструмент, изготавливаемый из проката штамповых сталей составляет около 15...25% от себестоимости продукции. Затраты на ремонт и восстановление рабочих частей штампов еще больше увеличивают затраты на оснастку.

Изучены причины выхода из эксплуатации холодновысадочных пуансонов, используемых для вырубki отверстий диаметрами 8 и 12 мм в прокате стали 45 толщиной 3,2 мм. Основная причина отказа пуансонов при эксплуатации – истирание или абразивный износ, приводящий к уменьшению диаметра пуансона. В процессе перешлифовки по высоте пуансона происходит частичный перегрев и снижение твердости рабочей кромки, что дополнительно ускоряет процесс механического износа.

Для повышения стойкости вырубных пуансонов предложено заготовки изготавливать из ранее заявленной быстрорежущей стали для литого инструмента [1]. Для уменьшения отрицательного влияния карбидной неоднородности использована оригинальная технология литья стали типа 11P3M3Ф2СБ1Л в сборный металлический кокиль. Причем рабочая часть инструмента охлаждается с повышенной скоростью в металлический кокиль, а не рабочая – с замедленной скоростью. Способ изготовления литых заготовок для холодновысадочного инструмента защищен патентом Украины [2].

Результаты исследования твердости и микроструктуры показывают, что в рабочей зоне пуансона повышенной твердости наблюдается очень мелкозернистая структура, без эвтектической сетки карбидов. Исследование микроструктуры при увеличении 1000 подтверждает этот вывод и позволяет прогнозировать повышенную стойкость инструмента в процессе работы.

**Литература:** 1 Патент № u2005 00040, С22С38/00. Економнолегована швидкорізальна сталь для литого інструмента/ Бартель Г.П., Дардесов А.О./ Опубл. 15.09.2005. Бюл. №9. 2 Патент № 20721, В22D 15/00 Спосіб виготовлення зносостійкої штампової оснастки з високим градієнтом механічних властивостей / Бартель Г.П., Манюк В.И. Опубл. 15.02.2007. Бюл. №2.

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ КАРТЫ BALANCED SCORECARDS В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

Баулина Т.В.  
(СПС НАН Украины, г. Киев, Украина)

В современных организациях сохраняется несоответствие между краткосрочными и долгосрочными целями. Краткосрочные цели связаны в основном с бизнес-процессами, с производственно-финансовой деятельностью во внутренней среде организации и соотношениями во внешней среде (поставщики, потребители, конкуренты); они сводятся в основном к получению материальной выгоды. Долгосрочные цели не имеют четкой определенности. Разрешение противоречий между целями является актуальной проблемой существования и развития современных организаций, действующих в неопределенной и конкурентной окружающей среде.

Попытка связать краткосрочные цели с деятельностью организации в долгосрочной перспективе реализуется в концепции стратегических карт сбалансированных показателей деятельности (BALANCED SCORECARDS), впервые предоставленные Р. Капланом и Д. Нортон в 1992 г. Если исходить из того, что ключевыми терминами, определяющими деятельность менеджеров в современных условиях, являются ответственность и доверие, то стратегические карты конкретизируют первый из двух терминов. Они не только показывают за что несут ответственность менеджеры, но и предлагают конкретные измерители этой деятельности, устанавливают баланс показателей.

Стратегические карты объединяют четыре основных аспекта деятельности организации, включающие стратегические цели, показатели, краткосрочные цели и задачи, стимулы:

- 1 Аспект финансовой деятельности (временное измерение – прошлое);
- 2 Аспект организации внутренних бизнес-процессов: какие операции организация должна выполнять в первую очередь, чтобы удовлетворить своих потребителей и акционеров (временное измерение – настоящее);
- 3 Аспект отношения с потребителями: какой имидж должна иметь организация в глазах потребителей, чтобы реализовать свою миссию (временное измерение – настоящее);
- 4 Аспект обучения и развития: как организация должна развивать свою способность адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам и совершенствовать свою интеллектуальную деятельность (временное измерение – будущее).

Таким образом, усилия организации сосредотачиваются на достижении целей в приоритетных направлениях, организация получает возможность контролировать влияние текущих операций на ее перспективы, менеджерам увеличить количество контролируемых показателей и одновременно анализировать деятельность в нескольких различных сферах. Системный подход и способ управления с использованием стратегических карт позволяет более отчетливо очертить компетенции менеджера в организации и более полно представлять положение дел в ней.

## НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ БЕЗВОЛЬФРАМОВОЙ СТАЛИ

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

Важными факторами, влияющими на структурообразование в стали в процессе кристаллизации и термической обработки являются количество, состав и распределение неметаллических включений.

Неметаллические включения способствуют охрупчиванию сталей поскольку образование трещины вблизи включения снижает работу ее зарождения. В условиях действия знакопеременных нагрузок и температур вблизи включений неизбежно возникает локальное поле напряжений, приводящее к зарождению усталостных трещин.

Неметаллические включения неравномерно распределенные в поверхностном слое инструмента повышают его склонность к термической усталости.

Сульфиды и оксиды при низких температурах начала затвердевания ледебуритных сталей часто служат центрами кристаллизации и присутствуют внутри крупных эвтектических карбидов. Чем крупнее неметаллические включения и не равномернее их распределение, тем хуже качество шлифованной рабочей поверхности.

В наплавленной быстрорежущей стали типа 100X4M5Ф2<sub>(Zr)</sub> неметаллические включения представлены в основном мелкими глобулярными оксидами, располагающимися в основном внутри карбидной эвтектики. Среднее содержание неметаллических включений, полученное путем графического обсчета программой TESCAN по десяти полям зрения составляет 0,1%.

Состав неметаллических включений напрямую зависит от состава сердечника порошковой проволоки. Так, при наплавке с использованием шлаковой системы плавиковый шпат-рутил был получен следующий состав неметаллических включений: TiO<sub>2</sub> – 75%, MnO – 12,5%, FeO – 8,3%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,2%.

Средний диаметр включений зависит от способа наплавки. При послойной наплавке он составил 7,23 мкм, а при ванном способе – 3,73 мкм. Соответственно, процент площади занимаемой включениями по данным исследований на Квантимет-720 для этих способов наплавки составил 0,65 и 0,16% соответственно. Количество неметаллических включений зависит также от вида модификатора и достигает минимального значения 81 включение на единицу площади при модифицировании цирконием.



## **МЕХАНИЗИРОВАННАЯ НАПЛАВКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛЬЮ**

Богущий А.А., Куций А.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из эффективных путей сокращения расхода быстрорежущих сталей является наплавка инструмента.

В зависимости от назначения и конфигурации режущего инструмента обычно применяют два способа наплавки: послойный и ванный.

Для изготовления биметаллического режущего инструмента была разработана самозащитная порошковая проволока, обеспечивающая получение безвольфрамовой инструментальной стали 100М5Х4Ф<sub>2</sub>(Zr).

Обладая высокими сварочно-технологическими свойствами, проволока обеспечивает получение наплавленного металла без пор, трещин и шлаковых включений.

Благодаря хорошей отделимости шлаковая корка не препятствует нанесению последующих слоев наплавленного металла.

При значении коэффициента наплавки 16,7 г/А·ч относительный расход проволоки не превышает 1,10 при общем коэффициенте потерь 7...12%.

Наплавку на заготовки из конструкционных сталей 45 и 40Х осуществляли на постоянном токе обратной полярности. Силу тока, напряжение на дуге, скорость наплавки, вылет электрода и его смещение относительно зенита выбирали в зависимости от размеров заготовки.

Наплавку заготовок диаметром менее 20 мм осуществляли ванным способом без предварительного подогрева. При послойной наплавке заготовок во избежание возникновения высоких закалочных напряжений их подогревали до 350-400 °С с последующим охлаждением в печи.

Твердость наплавленной стали HRC 56-60, твердость наплавки после отжига не превышает HRC 20-26.

После полной механической обработки наплавленный инструмент подвергают закалке и трехкратному отпуску. При этом твердость наплавки возрастает до HRC 64-66 и при сохранении удовлетворительной вязкости.

Разработанная самозащитная порошковая проволока для наплавки безвольфрамовой быстрорежущей стали на рабочую поверхность металлорежущего инструмента позволяет получить эффект благодаря сочетанию состава, структуры и термической обработки наплавленного металла.

## АЗОТ В БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ НАПЛАВЛЕННОЙ СТАЛИ

Богуцкий А.А., Свиридов А.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Азот благоприятно влияет на структуру и свойства быстрорежущих сталей. Он измельчает зерно после закалки, повышает прочность сталей и теплостойкость.

Введение азота в быстрорежущие молибденовые стали, склонные к интенсивному образованию карбидов  $M_2C$ , способствует их распаду во время горячей деформации на тонкую смесь карбидов  $MC$  и  $M_6C$ .

Роль азота зависит и от того присутствует ли он в малорастворимых нитридах и карбонитридах  $Ti(C, N)$ ,  $Zr(C, N)$ ,  $V(C, N)$  или в частично растворимой сложной фазе  $M_6C$ . В первом случае образующиеся дисперсные фазы оказывают на сталь модифицирующее влияние, способствуя образованию более мелкого зерна аустенита и более тонкой сетки эвтектики в литом состоянии, а также задержку роста зерна при нагреве для закалки. Такое влияние азота наблюдается в сталях с небольшим количеством карбидной фазы.

Присутствие азота в карбидах  $M_6C$  способствует его частичному переходу при нагреве для закалки в раствор с последующим выделением из мартенсита в карбиды легирующих элементов при отпуске. При этом возрастает вторичная твердость, износостойкость и режущие свойства стали.

При наплавке быстрорежущей стали типа  $100M5X4\Phi2_{(Zr)}$  легирование металла азотом осуществляли по двум технологическим вариантам: из газовой фазы (воздуха) и путем введения в шихту самозащитной порошковой проволоки азотированного феррохрома.

В первом случае содержание азота в наплавленном матричном металле регулируется параметрами режима наплавки и соотношением и видом газшлакообразующих компонентов в составе сердечника порошковой проволоки.

Содержание азота в наплавленном металле при послойной наплавке находилось в пределах 0,04...0,08%. При ванном способе наплавки содержание азота в металле резко уменьшалось и не превышало 0,02%. Для повышения содержания азота до 0,06% при наплавке в кристаллизаторе в сердечнике порошковой проволоки производили частичную замену хрома металлического на феррохром азотированный ФХН600А. Повышение стойкости наплавленного режущего инструмента на 15...20% было отмечено при содержании азота в металле на уровне 0,06%.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ СТРУЖКИ ПРИ ГЛУБОКОМ СВЕРЛЕНИИ СТАЛИ И УСТАНОВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЖКОЗАВИВАТЕЛЬНЫХ КАНАВОК

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

Сложность процесса сверления глубоких отверстий связана, главным образом, с неблагоприятными условиями образования и удаления стружки из отверстия. Величина и характер отступлений от правильной формы отверстия зависит от конструкции инструмента и технологических условий его использования. Форма образующейся при глубоком сверлении стружки определяет возможность осуществления высокой производительности. Наиболее благоприятной формой стружки являются небольшие полукольца или отдельные кольца небольшой величины, которые сравнительно легко удаляются из зоны резания и не забивают стружкоотводящего канала.

Изучено влияние ширины  $a$ , глубины  $h$  и переднего угла  $\gamma$  канавки на формообразование стружки при различных скоростях резания и толщинах среза. Также были исследованы зависимости величины осевой силы, крутящего момента и коэффициента усадки стружки от ширины канавки и величины подачи. На процесс завивания стружки оказывает влияние сопротивление пластическому сдвигу. При обработке стали 9Х и стали 40 при ширине порошка 1,5...2 мм и различных передних углах в большинстве случаев происходит образование стружки в виде полуколец. Только при скорости резания 135 м/мин и подаче меньше 0,1 мм/об в ряде случаев при ширине канавки 2 мм стружка образовывается в виде длинных спиралей или лент. При ширине канавки более 2,2 мм и меньше 1,4 мм образуется стружка неблагоприятной формы. При большей ширине канавки происходит образование спиралей и лент, а при малой ширине – гофрирование стружки, возникновение вибраций и скалывание режущей кромки. Установлено влияние глубины канавки на форму стружки. При глубине канавки от 0,5 до 1 мм, постоянной ширине канавки 1,5 и 2 мм и переднем угле  $0^\circ$ , стружка образуется в виде мелких полуколец. При глубине канавки 0,2...0,4 часто наблюдается формирование стружки в виде длинных спиралей или лент. Исследовано также влияние геометрических параметров канавки на усадку стружки. Некоторое снижение усадки стружки возникает при уменьшении ширины канавки, и более заметное – с увеличением толщины среза. Таким образом, установлены целесообразные размеры стружкообразовательных канавок, которые наряду с благоприятным образованием стружки, обеспечивают снижение работы резания: ширина канавки  $a = 1,5...2$  мм; глубина канавки  $h = 0,6...0,8$  мм; радиус уступа  $R = 0,7...0,8$  мм; передний угол  $\gamma = 0 \pm 2^\circ$ .

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБИНИ ЗМІЦНЕННЯ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ АЛМАЗНИМ ВИГЛАДЖУВАННЯМ**

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

В сучасному машинобудуванні існують прогресивні технологічні процеси обробки, які забезпечують зміцнення поверхневого шару деталей і підвищують їх зносостійкість. Одне з провідних місць належить поверхневому пластичному деформуванню (ППД), яке дозволяє отримати необхідний мікрорельєф поверхні, структуру поверхневого шару, зміцнити його і забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики.

Для досягнення середньоарифметичної висоти мікронерівностей деталі  $Ra = 0,32 \dots 0,5$  мкм, а також для утворення стискуючих напружень в поверхневому шарі і необхідної мікротвердості матеріалу застосовують ППД, як окрему технологічну операцію (вигладжування, накатування, інше), що впливає на тривалість виробничого процесу і, як наслідок, збільшує собівартість виробу. Однак раціональним слід вважати комбінований механічний процес обробки – чистова лезова обробка з фінішним пластичним деформуванням матеріалу плоских поверхонь інструментом, оснащеним надтвердими матеріалами.

Метою роботи є створення адаптивного алгоритму комп'ютерного моделювання глибини зміцнення плоскої поверхні алмазним вигладжуванням з метою подальшого аналізу експлуатаційних властивостей даного виробу.

В роботі виконано комп'ютерне моделювання процесу глибини зміцнення плоскої поверхні, заготовки деталі "Блок гідророзподілювача" виробництва ВАТ "Львівський завод фрезерних верстатів".

Авторами сформовані твердотільні моделі оброблюваної заготовки та інструменту. В системі MSC NASTRAN 3D виконане моделювання розподілення напружень на плоскій заготівці блоку гідророзподілювача після процесу алмазного вигладжування.

Для підтвердження адекватності моделювання глибини зміцнення плоскої поверхні заготовки деталі "Блок гідророзподілювача" в системі MSC NASTRAN 3D авторами проведені експериментальні дослідження по визначенню глибини зміцнення деталі алмазним вигладжуванням. Адекватність моделювання підтверджена результатами експерименту, похибка становить до 7%.

В подальших дослідженнях будуть розглянуті питання пов'язані з моделюванням температурних полів при алмазному вигладжуванні, створенням прогресивних різальних інструментів, які реалізовуватимуть процес ППД і різання.

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Власов А.Ф., Лещенко А.И., Куций А.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время сварщики и металлурги испытывают значительные трудности в начальный момент возбуждения электрошлакового процесса и наведения шлаковой ванны с объемом, обеспечивающим устойчивый электрошлаковый процесс (ЭШП). Существует две разновидности старта – твердый и жидкий. Твердый старт используется при изготовлении деталей простой формы и малой массы, а жидкий – деталей больших размеров и сложной формы и осуществляемый на печах бифилярного или трехфазного типа путем сифонной заливки расплавленного за пределами печи шлака в нижнюю часть кармана или кристаллизатора. Однако трудоемкость выплавки заготовки с учетом времени расплавления флюса во флюсоплавильных печах значительно выше твердого старта.

Разработан и успешно апробирован в производстве ускоренный способ наведения шлаковой ванны необходимого объема с применением экзотермических флюсов, проводящих электрический ток в твердом состоянии и представляющих собой механическую смесь окалины, алюминиевого порошка, легирующих элементов в виде ферросплавов или порошков и рабочего флюса АНФ-6. В результате протекания экзотермической реакции выделяется дополнительное тепло, восстанавливается железо из его оксидов и ускоряется процесс наведения шлаковой ванны необходимого объема. С целью сокращения количества экспериментов разработана составов экзотермических флюсов применительно к электрошлаковому переплаву сталей 9ХФ, 9Х2МФ и 60Х2СМФ производилась с применением метода математического планирования эксперимента. В качестве расходных электродов использовались литые заготовки диаметром 90 мм из этих сталей. По полученным математическим зависимостям химического состава восстановленного легированного металла от состава экзотермического флюса были разработаны их оптимальные составы, обеспечивающие получение марочного состава исследуемых сталей.

Исследования влияния экзотермического флюса на физико-химические свойства восстановленного легированного металла показали, что его химический состав по высоте соответствует марочному составу этих сталей, а неметаллические включения в металле нижней части заготовки имели вид равномерно расположенных сульфидов, оксисульфидов и оксидов. Результаты количественной оценки неметаллических включений, выполненной на "Квантимет 720" показывают, что применение экзотермических флюсов не оказывает заметного отрицательного влияния на их количество и размеры в слитках. Содержание кислорода, азота и водорода в нижней части заготовки отличается от их содержания в верхней части слитка незначительно.

Разработанный способ позволяет сократить время стартового процесса до 25%, увеличить выход годного металла до 3%, сэкономить на расплавлении одного килограмма флюса 1,2...1,4 кВт·ч.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СБОРКИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Водолазская Н.В.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Эффективность деятельности машиностроительных предприятий в значительной степени зависит от уровня механизации и автоматизации, ведущая роль, при осуществлении которых принадлежит машинам непрерывного действия, в частности, ленточным конвейерам. Одной из основных проблем эксплуатации этих машин является порыв стыка ленты магистрального конвейера, поскольку аварийные простои конвейеров составляют приблизительно 10% рабочего времени, а плановые остановки на изготовление или ремонт стыков — до 20%. Поэтому в настоящее время являются актуальными исследования в области обеспечения качественного изготовления стыка конвейерных лент.

Наиболее распространенной на данном этапе является стыковка лент холодной или горячей вулканизацией, но этот способ требует значительных затрат времени на его осуществление. В свою очередь, некоторые механические способы стыковки конвейерных лент протекают гораздо быстрее, но уменьшается надежность стыка конвейерных лент. Поиск путей исключения этих недостатков привел к разработке нового способа сборки резинометаллических соединений самонарезающими винтами. Предложенный способ позволяет экономить время при его реализации, обеспечивать более высокую надежность по сравнению с другими способами механической стыковки лент, а также за счет особенностей его конструкции (отсутствия выступающих металлических частей), уменьшать истирание ленты о транспортируемый груз и опорные устройства.

С целью проектирования наиболее рациональных технологических операций сборки конвейерных лент была изучена механика процесса и разработана математическая модель процесса с использованием теории напряженного и деформированного состояний для определения величины деформации и напряжений, их распределения, а также условий перехода тела в пластическое состояние. На основе схемы деформирования рассмотрено равновесие пластической массы, заполняющей область формы клина, ограниченную двумя плоскими жесткими стенками соседних витков резьбы. Задача решалась путем предположения, что прилипание частиц металла вдоль поверхностей стенок может быть описано нелинейными дифференциальными уравнениями.

Интегрирование этих уравнений позволяет найти значение напряжений для винтов, используемых для стыка лент и определить необходимую величину радиального усилия, создающего возможности для пластической деформации металла при затяжке резинометаллического соединения.

## РАЗРАБОТКА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ СЛОЕВ С РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СВОЙСТВ

Волков Д.А., Катренко В.Т.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из направлений синтеза материалов для электроконтактной наплавки с регламентированным распределением свойств является порошковая металлургия. Наплавочные материалы в виде металлокерамических лент, пластин, порошков, паст и др., кроме возможностей обеспечения требуемого распределения химических элементов или фаз, позволяют обеспечить в процессе контактной наплавки формирование высококачественных композиционных покрытий.

Композиционные покрытия, состоящие из пластичной металлической матрицы и наполнителя, получают различными способами, однако при электроконтактной наплавке имеет большое значение способ связывания порошковых материалов в компактное тело. Эти мероприятия должны обеспечивать более равномерное уплотнение порошкового материала в процессе наплавки с равномерным и контролируемым распределением сварочного тока в различных областях пятна электрического контакта между присадочным и основным материалами, а так же продлевать срок службы электродов наплавочных установок. Нами предлагается использовать в качестве присадочного материала для электроконтактной наплавки порошковой проволоки сегментнообразного поперечного сечения, которая кроме вышеперечисленных преимуществ обеспечивает благоприятные условия нагрева и пластической деформации присадочного материала при наплавке. Проволока подается плоской поверхностью под верхний наплавочный электрод, что обеспечивает более рациональное распределение тепла по поперечному сечению присадочного материала: снижается тепловыделение в верхний электрод и создаются благоприятные условия для деформации присадочного материала, что обеспечивает качественное соединение проволоки с основой. Производили наплавку порошка ПГ-С27 с различным количеством феррохрома ФХ800, заключенного в металлическую оболочку из стали 08<sub>кп</sub> толщиной 0,5 мм круглого и сегментнообразного поперечного сечения. Режимы наплавки были следующие: сила тока  $I = 14...16$  кА, длительность импульса  $t_{им} = 0,2...0,3$  с, давление на электроде  $P = 1,2...1,5$  кН. Прочность сцепления и относительная износостойкость во втором случае повысились в 1,2...1,5 раза.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ОСНОВОЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ**

Волков Д.А., Катренко В.Т.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Под прочностью сцепления покрытия с основой понимается минимальная сила, необходимая для полного отрыва слоя покрытия, отнесенная к единице поверхности раздела между покрытием и основой, при перпендикулярном к ней направлении действия отрывающей силы.

Прочности сцепления покрытия с основой уделяется большое внимание в связи с тем, что она характеризует несущую способность покрытия, а определение ее истинной величины представляет собой весьма сложную и до настоящего времени неразрешенную задачу с точки зрения методики и техники эксперимента. Это объясняется специфическими условиями и многофакторностью процесса формирования покрытия при его нанесении.

Нами предлагается методика определения прочности сцепления порошковой проволоки с основой при электроконтактной наплавке, сущность которой заключается в следующем. Вначале помещали на изделие порошковый материал, заключенный в металлическую оболочку – порошковую проволоку. С помощью ролика-электрода наплавочной установки путем пропускания импульса электрического тока от источника питания осуществляли наплавку единичного объема присадочного материала. После этого производили удаление недеформированного присадочного материала, оставляя часть оболочки, находящуюся в контакте с поверхностью детали и производили отрыв единичного наплавленного объема на разрывной машине УММ-5.

Преимуществом данной схемы по сравнению с известными методиками является оценка прочности сцепления при сложном напряженном состоянии отрыва и среза, что может несколько искажать точность результатов. Однако надо отметить, что данный метод является наиболее подходящим для оценки качества износостойких покрытий, полученными методом электроконтактной наплавки, так как в реальных условиях эти покрытия работают под действием нормальной и тангенциальной нагрузок.

По данной методике определялись прочности сцепления присадочного материала круглого и сегментнообразного поперечного сечения с основой при электроконтактной наплавке. Полученные зависимости хорошо согласуются с теоретическими сведениями.



## **ШАБЛОН ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ**

Гавриш П.А., Шевченко О.В.  
(ДДМА, м. Краматорськ, ПДТУ м. Маріуполь, Україна)

Пристрій для визначення товщини наплавленого шару при наплавленні містить нерухому частину на якій закріплений блок рухомих стрижнів. Рухомі стрижні, при накладенні пристрою на наплавлену деталь, своїми кінцівками контактують з наплавленими валиками деталі, а своїми верхівками створюють реальну межу наплавленого шару. На нерухомій частині пристрою містять графічне зображення необхідної межі наплавленого шару. При порівнянні необхідної межі наплавленого шару і реальної межі наплавленого шару приймають рішення про продовження чи припинення процесу наплавлення.

При визначення товщини наплавленого шару при наплавленні, застосовується метод одночасного контролювання декількох наплавлених валиків, за допомогою пристрою якій містить нерухому частину з закріпленим блоком рухомих стрижнів, при чому на нерухомій частині пристрою розташоване графічне зображення необхідної межі наплавленого шару. Одночасне контролювання декількох наплавлених валиків дозволяє визначити межу реально наплавленого шару металу, до того ж порівняння межі необхідного наплавленого шару металу з реальною межею наплавленого шару дає змогу визначити термін припинення чи продовження процесу наплавлення, а також економити наплавлений метал.

До початку проведення наплавлення деталь підготовлюють, тобто механічними засобами видаляють поверхневий шар металу, який у процесі експлуатації перетерпів зміни (нагартування, зміну мікроструктури, дефекти поверхневі тощо).

Починають наплавлення деталі. Для контролю товщини наплавленого шару при наплавленні на деталь встановлюють пристрій з розташованим графічним зображенням необхідної межі наплавленого шару. Одночасне контролювання декількох наплавлених валиків дозволяє визначити межу реально наплавленого шару металу, до того ж порівняння межі необхідного наплавленого шару металу з реальною межею наплавленого шару дає змогу визначити термін припинення чи продовження процесу наплавлення, а також економити наплавлений метал.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СВАРНОГО ШВА МЕДИ СО СТАЛЬЮ**

Гавриш П.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

С целью совершенствование технологии сварки меди со сталью выполнена прокатка сварного шва с учетом того, что при прокатке сварного шва улучшаются механические свойства сварного соединения за счет разрушения прослоек хрупких эвтектик в результате сдвигов зерен. Надо отметить, что энергосиловые параметры прокатки стали и меди сильно отличаются друг от друга, поэтому проведенные исследования были направлены на создание математических моделей прокатки сварного шва меди со сталью.

Разработана математическая модель энергосиловых параметров процесса прокатки сварного шва в основу, которой была положена численная интерпретация метода верхней оценки, заключающаяся в количественном определении геометрических координат особых точек кинематически возможных полей характеристик в физической плоскости и плоскости годографа скоростей.

Для оценки энергосиловых параметров при раскатке сварного шва было проведено теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации. Математическое моделирование заключалось в разбиении всей осевой протяженности очага деформации на отдельные  $i$ -ые элементарные поперечные сечения в последующем анализе каждого из них. Теоретические расчеты выполнены с использованием численных интерпретаций метода полей линий скольжения, который позволяет учесть двухмерный характер пластической деформации металла и влияние внешних зон.

Разработана математическая модель влияния энергосиловых параметров прокатки сварного шва на качество сварного соединения.

# ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ЗАО "НКМЗ"

Гавриш Ю.П.  
(НКМЗ, г. Краматорск, Украина)

Инновационный подход к управлению предприятием способствует к развитию творческого потенциала, который воплощается в новые машины и оборудование, обеспечивая исполнения желаний заказчиков.

Система создания инновационного продукта на базе научно-технических разработок и повышения интеллектуального потенциала является одним из инструментов достижения целей, предусмотренным "Моделью ускоренного эволюционного развития ЗАО НКМЗ" (рис. 1).

## Инновационная модель ускоренного эволюционного развития ЗАО НКМЗ с целью создания конкурентоспособного элитного предприятия мирового класса на основе биореинжиниринга

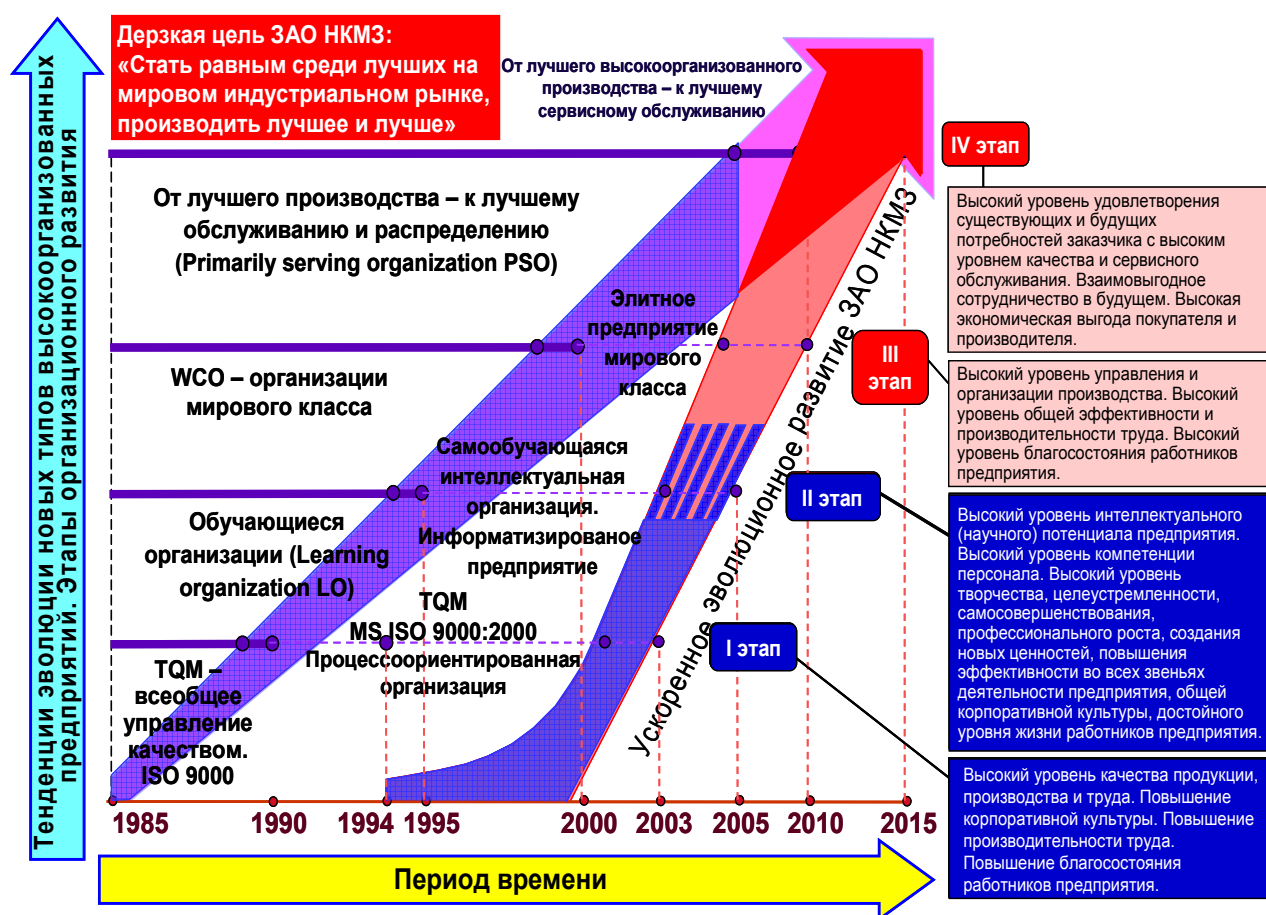


Рисунок 1 – Модель ускоренного эволюционного развития ЗАО НКМЗ

## **МЕНЕДЖМЕНТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Галицын В.К., Лазарева С.Ф.  
(КНЕУ, г. Киев, Украина)

Информационные технологии (ИТ) есть одним из мощнейших источников повышения конкурентоспособности предприятия использовать который становится все сложнее, поскольку конкуренты также могут относительно легко развить у себя аналогичные технологии. Особое значение приобретают не сами ИТ, а идеи по их эффективному использованию, а также возможности предприятия по реализации этих идей. Важным становится не то, какие ИТ-активы имеет предприятие, а то как оно использует их потенциал. Усиление влияния ИТ на организацию производственных процессов стимулирует развитие профессионального подхода к управлению и систематическому обследованию информационных технологий, которое разрешает обнаруживать и своевременно устранять на первый взгляд невидимые, но существенные недостатки в организации бизнес-процессов, повышать их эффективность. Эффективное управление ИТ становится важнейшим фактором для успеха каждой организации. Грамотная структура управления, эффективная вертикаль принятия решений и система контроля непосредственно зависят от состояния информационных технологий, от их эффективности, производительности, безопасности, надежности и других не менее важных показателей. Для создания эффективной системы управления и контроля за информационными технологиями очень важным есть разработка эффективных методик по различным аспектам управления ИТ в рамках предприятия. В современных условиях уже разработаны разнообразные стандарты для ИТ-индустрии, например, ISO 20000, ITIL, COBIT и другие, которые широко применяются в мировой, а в последние годы приобретают распространение и в отечественной практике. Все они имеют определенные преимущества и недостатки, прежде всего из-за функциональной направленности и специфической области применения, поскольку не рассматривают проблему комплексно. Комплексный подход к решению, такого объемного и многогранного вопроса, как управление и контроль ИТ есть наиболее привлекательным для любого пользователя. Мировое научное сообщество в последнее время интенсивно развивает концепцию управления ИТ (IT-Governance) в составе системы управления предприятием на уровне совета директоров и высшего руководства (Enterprise Governance), которая включает элементы стратегического управления и нацелена на удовлетворение интересов всех заинтересованных лиц. IT Governance это структура отношений и процессов, которая направляет и контролирует предприятие ради достижения его целей за счет использования ИТ, при условии равновесия эффектов и рисков от их применения.

# МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ВИТРАТ НА ВИРОБНИЧІ РОБОТИ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ З ПРОВЕДЕННЯМ РЕКЛАМНОЇ КАМПАНІЇ З УРАХУВАННЯМ ПОТЕНЦІАЛУ ЗБУТОВОЇ ТЕРИТОРІЇ

Галіцин В.К., Дем'яненко В.В., Потапенко С.Д.  
(КНЕУ, м. Київ, Україна)

*In the report questions of scientifically proved approach to process of advertising which covers some geographical regions are considered. The economic mathematical model which is intended for the decision of the given problem is offered to consideration. Features of the given process are considered and methods of their decision are offered.*

Проведення рекламних кампаній в сучасних умовах вимагає урахування багатьох чинників, що впливають на даний процес та мають різноманітну природу. Особливо актуальним у практиці сучасного рекламування є оцінка дієвості реклами у рекламних кампаніях, що географічно охоплюють значні території зі своїми сталими уподобаннями, культурними особливостями та звичаями. Наприклад, рекламування вітчизняними підприємствами своєї продукції в країнах Євросоюзу. За даних умов слід розробити таку стратегію процесу рекламування, яка б враховувала особливості сприйняття одного і того ж повідомлення у різних місцевостях. Рекламні повідомлення можуть зазнавати певних змін, таких, що покращать їх сприйняття та дозволять процес рекламування зробити економічно обґрунтованим.

Обґрунтування процесу рекламування в різних географічних регіонах можна здійснити шляхом застосування економіко-математичного моделювання. Процес моделювання здійснюється за дотриманням вимоги максимізації очікуваного прибутку від проведення рекламної кампанії. Враховуючи особливості проведення рекламної кампанії можна сформулювати вимоги до наповнення відповідної економіко-математичної моделі. Модель повинна враховувати особливості різних географічних регіонів. Наприклад, кількість залучених каналів розповсюдження рекламних повідомлень, кількість різновидів повідомлень тощо.

Значення кількості залучених каналів розповсюдження рекламних повідомлень у певному географічному регіоні може обиратись в залежності від рекламної стратегії. Крім того на формування даного значення можуть мати вплив історичні, національні та ніші чинники, що мають суб'єктивну природу. Урахування особливостей сприйняття рекламованої інформації та застосування економіко-математичного моделювання дозволить покращити та економічно обґрунтувати процес рекламування.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ**

Глоба А.В., Горобец П.И., Шевченко О.А.  
(НТУУ "КПИ", АНТК "Антонов", НАУ, г. Киев, Украина)

В современных конструкциях самолетов все более широко используются полимерные композиционные материалы (ПКМ), которые имеют высокую удельную прочность и жесткость. Объем применения конструкций из ПКМ на самолете Ан-70 достиг 20% от массы планера.

Представлена автоматизированная система поддержания эксплуатационных характеристик изделий из ПКМ, которая включает программный комплекс для анализа прочности элементов с повреждениями, экспертную систему для оценки критичности повреждений и выбора оптимальных ремонтных решений. Программный комплекс может быть использован как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации элементов из ПКМ. При выявлении эксплуатационных повреждений и определении их размеров и координат, система позволит проводить анализ их влияния на прочность элемента с целью выбора стратегии и методов ремонта. Экспертная система базируется на сравнении действительного размера повреждения с его критическим размером. Условие проверки критичности эксплуатационного повреждения состоит в сравнении его характерного размера ( $2L_{\text{экспл}}$ ) с допустимым ( $2L_{\text{дон}}^i$ ) для  $i$ -го повреждения и имеет вид:

$$2L_{\text{экспл}} < 2L_{\text{дон}}^i .$$

К автоматизированной системе добавляется специализированный ремонтный блок, который позволит подобрать форму, размеры и схему армирования необходимой ремонтной заплаты и метод ее постановки, используя соответствующую базу данных, а также быстро провести анализ их влияния на прочность элемента из ПКМ.

Выбранный вариант ремонта реализуется с использованием разработанного универсального комплекта ручного механизированного инструмента (РМИ), предназначенного для подготовки поверхностей под последующие ремонтно-восстановительные работы по устранению эксплуатационных повреждений элементов конструкций из ПКМ. Основу комплекта составляет универсальный пневмопривод с набором к нему сменных технологических насадок. Каждая из насадок в сочетании с пневмоприводом образует один из разновидностей ручного механизированного инструмента, предназначенного для выполнения конкретных технологических операций (сверление, разрезка, зачистка, полировка и т.п.).

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ Порошковой проволоки для наплавки

Голуб Д.М., Давыдов В.А., Катренко В.Т.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Известен способ изготовления самозащитной порошковой проволоки, при котором холоднокатаной металлической ленте придают форму желоба, заполняют его порошкообразной шихтой, затем желоб закрывается в трубку. Для получения определенного конечного диаметра проволоки полученная заготовка протягивается многократно на волочильных станах, при этом происходит уплотнение шихты.

При сварке порошковыми проволоками, изготовленными по данному способу, наблюдается неравномерность плавления проволоки по сечению, выражающаяся в отставании плавления сердечника от оболочки. Это приводит к возникновению механической, химической и структурной неоднородности наплавленного металла, что может привести к недопустимому снижению его служебных характеристик.

С целью повышения качества проволоки и сварочно-технологических свойств можно осуществлять дополнительное уплотнение сердечника, улучшая теплопроводность от оболочки к сердечнику.

Для достижения поставленной цели предлагается при заданном коэффициенте заполнения проволоки шихтой заполнять  $65 \pm 5\%$  объема полости трубки, а волочение вести с суммарными деформациями 70...95% и единичными деформациями 20...45%.

В процессе завальцовки на выходе из фильеры проволоку подвергают воздействию пульсирующего продольного магнитного поля от катушки индуктивности конической формы индукцией 0,9...1,1 Тл с периодом пульсации 0,1...1 с, а также накладывают вибрации частотой 16...20 кГц.

Пульсации магнитного поля уменьшают слипание ферромагнитных компонентов и снижают общую комкуемость шихты, при этом улучшается стабильность заполнения оболочки порошковой проволоки. Направление силовых линий придает направленное движение частичек шихты. Наложение вибрации способствует улучшению транспортируемости ферромагнитных частиц шихты к оболочке.

Проволока, полученная таким способом, имеет более высокие сварочно-технологические свойства, чем ее аналоги, изготовленные традиционным способом.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ Порошковой проволоки

Голуб Д.М., Кравченко А.А., Катренко В.Т.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Самозащитные порошковые проволоки трубчатой конструкции, можно изготавливать по традиционной технологии. При этом холоднокатаной металлической ленте придают форму желоба, заполняют его порошкообразной шихтой, затем желоб закрывается в трубку, при этом весь объем полости трубки оказывается заполненным шихтой. Для уплотнения шихты и получения определенного конечного диаметра порошковой проволоки полученная заготовка протягивается многократно на волочильных станах.

При сварке такими порошковыми проволоками, наблюдается неравномерность плавления проволоки по сечению, выражающаяся в отставании плавления сердечника от оболочки. Это приводит к возникновению механической, структурной и химической неоднородности наплавленного металла, что может привести к недопустимому снижению его служебных характеристик.

Повысить равномерность плавления порошковой проволоки можно путем совершенствования технологии ее изготовления. Сущность предложенной технологии заключается в следующем. При изготовлении проволоки трубчатую заготовку пропускают со скоростью  $V_{пр}$  через источник постоянного магнитного поля, индукция которого плавно изменяется практически от нуля на входе до 0,9...1,1 Тл на выходе. Источником поля является соленоид цилиндрической формы, имеющий неравномерную навивку витков. Наименьшая частота навивки на входе проволоки в соленоид, наибольшая – на выходе. Параллельно осуществляется наложение вибрации частотой 16...20 кГц на систему источник поля-проволока-фильтра.

Заготовка, проходя через магнит, намагничивается, магнитные силовые линии при этом пересекают проволоку, оболочку и шихту, замыкаются через ферромагнитные частички шихты, образуя как бы цепочки ферромагнитных частиц, которые располагаются у оболочки проволоки вдоль магнитных силовых линий. Более плотное сцепление ферромагнитных частиц порошка под воздействием магнитного поля приводит к уплотнению шихты в целом, позволяет повысить коэффициент заполнения порошковой проволоки, а значит повысить стабильность горения дуги, снижает вероятность порообразования и снижает разбрызгивание электродного металла.



## **РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ С ОБОЛОЧКОЙ ИЗ СТАЛИ 65Г ДЛЯ НАПЛАВКИ**

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

Известно, что большинство порошковых проволок для наплавки имеют оболочку, изготовленную из низкоуглеродистой стали 08кп. Данная сталь имеет низкую степень раскисления, обладая хорошей пластичностью. Последнее делает ее оптимальным материалом для оболочки порошковой проволоки по условию деформирования в процессе волочения. Использование данной стали, с точки зрения металлургии сварки, требует увеличения раскисляющей части сердечника. Кроме того, сталь 08кп имеет высокое содержание неметаллических включений, переходящих в наплавленный металл. Поэтому целесообразно применить раскисленную сталь для изготовления порошковой проволоки.

Целью работы является разработка порошковой проволоки с оболочкой из раскисленной стали, а также сравнительный анализ процессов волочения порошковых проволок из сталей 08кп и 65Г.

Для исследования использовались ленты из стали 65Г и 08кп размером 0,5×12 мм, в отожженном состоянии. Для обеих порошковых проволок использовался один состав шихты. При волочении порошковых проволок производились измерения усилий волочения с помощью тензометрической установки, интегрированной в волочильный стан. После каждой протяжки фиксировали результаты измерения геометрических размеров поперечного сечения порошковой проволоки и изменение относительной плотности сердечника. Волочение проволоки выполняли на одинаковых режимах, рассчитанных с применением математической модели напряженно-деформированного состояния, со скоростью деформации 6,0 м/мин. Максимальное усилие волочения для стали 08кп составило 3430 Н, для стали 65Г – 4635 Н. Несколько большие усилия волочения проволоки из стали 65Г в сравнении с усилиями волочения для стали 08кп не приводят к обрывам, т.к. компенсируются высокой прочностью стали 65Г.

Относительное удлинение порошковой проволоки с лентой из стали 08кп составило 241%, с лентой из стали 65Г – 192%, толщина оболочки готовой проволоки составила 0,31 мм и 0,39 мм, соответственно.

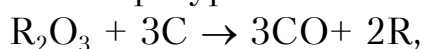
Относительная плотность сердечника порошковой проволоки равного диаметра с оболочкой из стали 08кп достигла 0,75, для стали 65Г – 0,82, это вызвано перераспределением напряжений обжата и удлинения, а как следствие меньшее утонение оболочки из стали 65Г. Увеличение относительной плотности сердечника позволит снизить отставание плавления сердечника проволоки от оболочки вследствие увеличения его электропроводности, что позволит повысить качество наплавленного металла.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЗМ ИЗ ОКСИДОВ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ САМОЗАЩИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Гринь А.Г., Ивасенко М.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Известно о положительном влиянии редкоземельных металлов (РЗМ) и их соединений на свойства металла сварного шва, однако в электродных материалах используют их крайне редко. Редкоземельные металлы могут применяться в качестве раскислителей, десульфураторов, модификаторов металла сварных швов или наплавленного слоя. Вместе с тем применение РЗМ затруднено из-за сложности их ввода в сварочную ванну по причине выгорания в зоне горения дуги в процессе сварки (наплавки).

Восстановление РЗМ из оксидов при соответствующей температуре возможно углеродом. При температуре выше 2400К проходит реакция:



где  $R_2O_3$  – оксид редкоземельного металла.

Основным углеродсодержащим материалом, который вводят в состав сердечника порошковой проволоки, применяемой для наплавки углеродистых сплавов, является графит. Расположение оксида и графита по сечению порошковой проволоки случайно, по причине этого их участие в металлургических процессах не достаточно полное.

Оксид РЗМ в составе сердечника порошковой проволоки трубчатой конструкции частично вступает в металлургическое взаимодействие. Анализ состава шлаков подтверждает, что наряду с сульфидами РЗМ и сложными соединениями редкоземельных, обнаружены их оксиды в исходном состоянии. В общем случае наличие оксидов РЗМ в шлаке зависит от константы перехода,

$$K_p = \frac{P_{co}^3 [R]^2}{(R_2O_3)[C]^3},$$

а распределение РЗМ по фазам соответствует соотношению

$$\frac{[R]^2}{(R_2O_3)}.$$

Повысить указанное соотношение возможно расположив оксид совместно с раскислителем у оболочки слоем определенной толщины. Авторами разработан способ изготовления порошковой проволоки позволяющий повысить эффективность применения оксида РЗМ, сконцентрировав его, совместно с раскислителем слоем необходимой толщины, в области наиболее высоких температур.

Определена толщина наносимого слоя смеси, обеспечивающей эффективность протекания процесса:

$$b = \frac{(d - a)}{2} \text{ или } 2b = 1,8\sqrt[3]{Kd_1} - a,$$

где  $a$  – толщина оболочки,  $d_1$  – диаметр порошковой проволоки,  $K$  – постоянная величина

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ВОЛОЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

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

Одним из основных этапов по производству порошковой проволоки достаточно широко используемой при выполнении различного рода сварочных и наплавочных работ, является процесс волочения, заключающийся в непрерывной во времени пластической деформации монометаллической оболочки и содержавшегося в ней порошкового сердечника соответствующего состава. Но отсутствие программных средств по автоматизированному расчету режимов волочения, затрудняет выбор рациональных режимов изготовления порошковых проволок с новыми составами сердечника и материалами оболочки. Разработана одномерная математическая модель, позволяющая определить напряженное состояние в очаге деформации. С учетом известных значений нормальных осевых и нормальных контактных напряжений было определено и текущее значение относительной плотности порошкового материала. Полученные зависимости послужили основой численной математической модели напряженно – деформированного состояния при реализации процесса волочения порошковой проволоки, которая в свою очередь была использована в качестве основного регрессионного уравнения при разработке программного обеспечения по автоматизированному расчету данного процесса. Программирование алгоритма численной математической модели процесса волочения, было выполнено в лингвистической среде Quik Basic 6.0. Исходными данными при проектировании расчета являлись:  $d_{0i}$ ,  $d_{1i}$  – исходная и конечная геометрическая характеристика порошковой проволоки в  $i$ -ом проходе;  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – коэффициенты регрессии характеризующие интенсивность деформационного упрочнения применяемого материала оболочки;  $f_0$ ,  $f_1$  – опорные значения коэффициентов трения на входе и выходе;  $L$  – общая протяженность зоны пластического формоизменения;  $K_p$  – количества разбиений очага деформаций, для обеспечения погрешности результатов расчета не более 1% необходимо не менее 20 разбиений очага деформаций. С целью исключения разрывов сердечника порошковых проволок волочение вели с малыми степенями деформации (средней за переход вытяжке  $\mu_{cp} = 1,2...1,3$ ). При этом повышаются сжимающие напряжения, а долевыми растягивающие напряжения воздействующие на сердечник не велики, поэтому исключается разрыв. Разработанная математическая модель позволила решить ряд задач оптимизационного характера а именно: определять режимы обжатий по проходам, определять исходный диаметр проволоки и исходную плотность сердечника в зависимости от требуемых показателей готовых порошковых проволок. Достаточная степень достоверности расчетного алгоритма подтверждена сопоставлением экспериментальных данных по распределению нормальных напряжений.

## ФРЕЗА ТОРЦОВАЯ СО СТУПЕНЧАТОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ

Гузенко В.С., Бабин О.Ф., Аносов В.Л.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

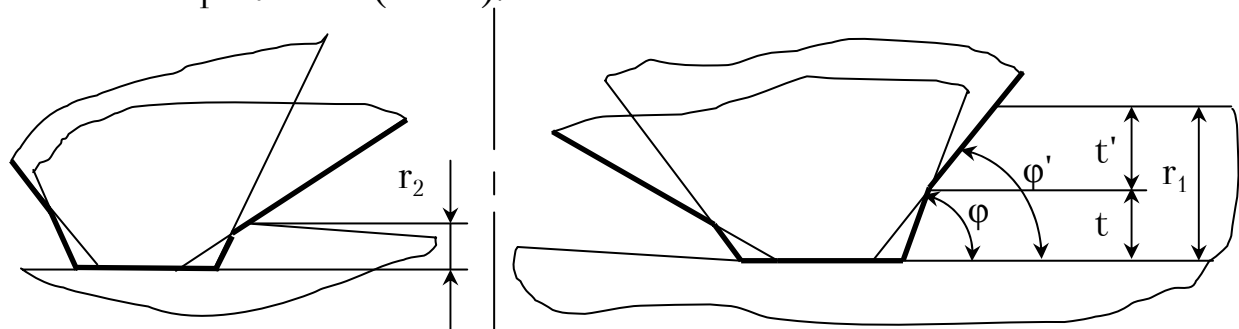
Существует ряд операций, для которых оптимальным решением с точки зрения производительности является использование специальных фрез, работающих методом осевой подачи. Одной из таких операций является операция подрезки торца заготовки на торцовочно-центровальном станке. Другим примером применения специальных фрез является замена операции кольцевого сверления на фрезерование отверстия большой глубины ( $l/d > 20$ ).

На ОАО КЗТС авторы испытали специальную фрезу, в пазах которой закреплены 3 подрезных резца под углом  $120^\circ$ , для обработки торца поковки железнодорожной оси до  $\varnothing 200$  мм. При перекосе торца до 10 мм процесс резания занимал всего 3 минуты, в то время как при отрезке пилой  $\varnothing 800$  мм эта операция занимает до 10 мин. Мощность резания не превышала 6 кВт. Параметры режима резания и геометрия инструмента незначительно влияют на интенсивность автоколебаний.

Еще более существенные преимущества дает операция фрезерования методом осевой подачи для обработки глухих поверхностей.

В ДГМА сконструирована специальная фреза, которая дает возможность одновременной работы в осевом и радиальном направлениях за счет наличия главных правых кромок и дополнительных главных левых кромок на режущем лезвии, что позволяет распределить усилия резания равномерно по зубьям фрезы и значительно уменьшить момент резания относительно оси фрезы. Выполнение кромок таким образом, что большему углу в плане главной правой кромки соответствует меньший угол в плане дополнительной главной левой кромки, а меньшему углу в плане главной правой кромки соответствует больший угол в плане дополнительной главной левой кромки (рис. 1), обеспечивает разнесение нагрузки между режущими кромками.

Следует отметить, что повышение динамической устойчивости процесса фрезерования методом осевой подачи обеспечивается как за счет разделения припуска между зубьями фрезы (см. рис.1), так и за счет того, что в этом случае на суммарную податливость станка влияют элементы большей жесткости, так как основная нагрузка воспринимается в осевом направлении (ось Z).



а) дополнительными главными кромками;

б) главными кромками

Рисунок 1 – Схема снятия припуска

# ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

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

В чрезвычайно обширных исследованиях динамики металлорежущих станков заложены теоретические основы изучения проблем динамических явлений, возникающих при механической обработке металлов, причин возникновения и развития колебаний, их характера, устойчивости, методы исследований и математического моделирования.

При исследовании динамики металлорежущих станков рассматривалась технологическая жесткость для расчета жесткостей стыков. При этом используется построение амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ), необходимой для изучения автоколебаний и анализа устойчивости системы станок-инструмент-деталь (СИД). Существуют метод вероятностной оценки точности станков, экспериментальные методы получения АФЧХ упругой системы станка: при гармоническом, импульсном воздействии и статистическим методом, а также метод расчета АФЧХ по системе линеаризованных дифференциальных уравнений, описывающих динамические расчетные схемы.

Причины возникновения автоколебаний объясняются с двух точек зрения: энергетической (нелинейность и неоднозначность связей сил и перемещений) и упруго-координационной (ориентация осей жесткости не совпадает с направлением смещений). Динамическая система станка представляется замкнутой и состоит из взаимодействующих элементов: упругой системы, процессов резания и трения, процессов изменения толщины стружки и процессов в приводах. Критерием виброустойчивости принимается изменение толщины среза, вследствие волнистости обработанной поверхности предыдущего прохода.

Амплитуда вибраций возрастает: при увеличении массы системы, уменьшении коэффициента демпфирования, снижении жесткости, увеличении твердости обрабатываемого материала, изменении геометрии инструмента.

При динамических исследованиях для объяснения автоколебаний применяются различные гипотезы: падающая зависимость силы резания от скорости, изменение упрочнения материала при врезании и отталкивании инструмента; запаздывание изменения силы трения стружки от силы резания; наличие координатной связи; отставание силы резания от изменения толщины срезаемого слоя; изменения стружкообразования и силы резания (срыв нароста).

Для повышения стабильности процесса резания можно сформулировать комплексы мероприятий для рациональный выбора параметров динамических систем в рабочем пространстве станка, состоящего из типовых моделей динамических подсистем СИД и моделей упругих систем, замкнутых процессом обработки.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

Гулаков С.В., Бурлака В.В., Псарева И.С.  
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

При дуговой наплавке рабочих поверхностей проволочным электродом форма сварочной ванны оказывает существенное влияние на качество наплавленного слоя. Более того, в случае перемещения электрода по сложной траектории (при наплавке с его колебаниями), например, треугольной, форма сварочной ванны в местах резкого изменения направления перемещения электрода решающим образом сказывается на износостойкости рабочего слоя.

Для описания формы сварочной ванны предлагается представить ее в виде наложения двух эллипсоидов, один из которых соответствует поверхностному потоку жидкого металла с электрода, а второй – глубинному. Каждый эллипсоид строится как эквипотенциальная поверхность поля скоростей жидкого металла в ванне. При этом источники поля имеют смещение друг относительно друга, что необходимо для учета влияния перемещения электрода на форму сварочной ванны. Следует отметить, что наложение полей скоростей поверхностного и глубинного потоков производится путем сложения модулей векторов скоростей. Такой подход дает результаты, близкие к реальным.

Рассмотрим источник поля, имеющий координаты  $(x_s, y_s)$ . Для определения вектора потока в произвольной точке  $(x, y)$  сначала определяется пара относительных координат  $x' = (x - x_s) / \varepsilon$  и  $y' = (y - y_s) \cdot \varepsilon$ . Здесь  $\varepsilon > 1$  соответствует поверхностному потоку,  $\varepsilon < 1$  – глубинному. После чего рассчитывается модуль радиус-вектора и компоненты вектора скорости:  $m = \sqrt{(x')^2 + (y')^2}$ ,  $V_x = \frac{x'}{m} \cdot I \cdot m^p + F$ ,

$V_y = \frac{y'}{m} \cdot I \cdot m^p$ . Параметр  $I$  определяет интенсивность источника, а

параметр  $p$  является коэффициентом затухания потока по мере удаления от источника. Параметр  $F$  – интенсивность стороннего равномерного поля, которое учитывает влияние перемещения электрода на форму ванны. Модуль результирующего вектора скорости в данной точке будет

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}.$$

Поверхность сварочной ванны строится исходя из условия  $V_1 + V_2 = const$ , где  $V_1$  – модуль вектора скорости поверхностного потока,  $V_2$  – то же для глубинного.

Предложенная методика при правильном выборе коэффициентов позволяет получить результаты, хорошо согласующиеся с данными экспериментов.

## **ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАВЛЕНИЯ ФЛЮСА ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ**

Гулаков С.В., Матвиенко В.В., Псарева И.С.,  
Матвиенко Я.В., Ярыза-Стеценко А.В.  
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Качество наплавленного металла определяется свойствами материалов, участвующих в его формировании. Расплавленный флюс шунтирует часть сварочного тока. При этом изменяются характер и условия ввода тепла в сварочную ванну и основной металл, что оказывает влияние на качество наплавки. Особенно это актуально при использовании ленточного электрода, большая площадь поверхности которого в значительной степени увеличивает контакт металл-шлак и, тем самым, долю тока, проходящего через шлак.

Процесс дуговой наплавки характеризуется как смешанный, включающий как дуговую составляющую, так и шлаковую. Данный характер процесса зависит от теплофизических свойств флюсов, параметров режима, геометрии электрода и предопределяет отличия в нагреве и плавлении электродного и основного металлов, формообразовании сварочной ванны и формировании наплавленного валика. От соотношения тока дуги и тока шунтирования зависят: стабильность протекания процесса, производительность, расплавляющее воздействие дуги, вероятность образования дефектов и т.д. Условия и величина шунтирования определяются кроме свойств флюса, геометрией и размерами шлаковой оболочки, окружающей дуговое пространство, зависящей от схемы и характера плавления флюса.

Результаты изучения влияния скорости наплавки на условия плавления флюса свидетельствуют о том, что эффективность плавления флюса световым излучением дуги ничтожно мала. Полученные экспериментальные данные по измерению тока шунтирования позволяют высказать предположение о том, что характер образования шлаковой оболочки определяется теплофизическими свойствами флюса и скоростью наплавки.

Результаты проведенных экспериментов подтвердили предположение о том, что характер изменения тока зондирующего источника существенно меняется в зависимости от скорости наплавки. Эффективность изменения тока шунтирования больше у ленточного электрода, чем у проволочного, что позволяет наметить пути управления процессом дуговой наплавки ленточным электродом, повышения качества и производительности процесса наплавки.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСТАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Гулаков С.В., Щербаков С.В.  
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Прокатные валки эксплуатируются в условиях изгибающих нагрузок с передачей крутящего момента. Монолитные конструкции воспринимают данные нагрузки практически одинаково всем объемом. В случае эксплуатации бандажированных прокатных валков жесткость оси и жесткость бандажа в связи с различными их диаметрами различная. Поэтому при изгибающих усилиях в области контакта между бандажом и осью, особенно на краевых участках происходят их взаимные перемещения, повторяющиеся при каждом обороте. Такие взаимные перемещения приводят к износу контактируемых поверхностей в этой зоне. Этому износу способствует также и фреттинг-коррозия, так как прокатные валки работают в условиях обильного орошения водой. Результатом износа может явиться нарушение целостности конструкции, т.е. смещении бандажа относительно оси, что может привести как к аварийным ситуациям, а также к выходу вала из строя.

Авторами предлагается технология посадки бандажа на ось, позволяющая устранить или существенно снизить этот отрицательный эффект. Данная технология основана на использовании эффекта изменения объема металла в процессе структурных превращений. Так при распаде аустенита и превращении его в мартенсит происходит увеличение объема. С этой целью на краевых участках контакта бандажа и (или) оси наплавляется слой аустенитного материала. После этого производится механическая обработка сопрягаемых поверхностей и посадка бандажа на ось с применением сварочных технологий.

Результаты испытаний показали высокое качество и надежность неразъемного соединения при изготовлении составных изделий по разработанной авторами технологии.



## ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Гусев В.В., Калафатова Л.П.  
(ДонНТУ, г Донецк, Украина)

Требования к физико-механическим свойствам материала и поверхностному слою детали вытекают из ее назначения, места и условий эксплуатации. Для обеспечения надежности работы деталей из керамических материалов необходимо уменьшать разброс показателей качества изделий.

Необходимый ресурс работы детали может быть обеспечен путем создания поверхностного слоя детали. Широкое использование керамики в узлах трения выдвигает требование по обеспечению требуемых высотных показателей шероховатости ( $R_{\max}, Rz, Ra, Rp$ ) их поверхностного слоя, при которых обеспечиваются наименьшая интенсивность изнашивания (линейная  $I_L$ , объемная  $I_V$ ) рабочих поверхностей деталей. Конструкционная прочность изделий из этих материалов обеспечивается наряду с физико-механическими свойствами (величиной сопротивления материала развитию трещин при разрыве  $K_{1c}$ , модулем упругости  $E$ , твердостью по Виккерсу  $H_V$ , теплопроводностью  $\lambda$ , коэффициентом Пуассона  $\mu$ , коэффициент температурного линейного расширения материала  $\alpha_t$  и др.) также и параметрами структуры дефектного слоя. К последним относятся: совместная плотность распределения дефектов структуры и обработки по размерам ( $l$ ) и углу ( $\alpha$ ) ориентации  $f(l_c, \alpha_c, l_o, \alpha_o)$ , плотность дефектов на единице поверхностного слоя ( $n_c, n_o$ ) и глубина дефектного слоя  $h_d$ . Выбор режимов обработки и характеристики инструмента не должен оказывать влияние на прочностные свойства материала.

Формирование дефектного слоя обусловлено технологией изготовления заготовок и воздействием (силовым и тепловым) режущего инструмента. Нормальная составляющая силы резания на зерне  $P_3(E, H_V, K_{1c}, \Phi_C(\tau))$  не должна превышать предельного значения, при которой образуются медианные трещины. Результирующее предельное значение нормальной составляющей силы резания  $P_{yH}$  отнесенной к единице ширины круга определяется из условия, при котором тепловой поток из зоны контакта не будет вызывать роста структурных дефектов. Это позволяет использовать для расчета зависимости вида

$$P_{yH}(V_k, V_d, t, H_V / K_{1c}) = \Phi_{nc}(K_{1c}, E, H_V, \lambda, \mu, R_a, R_z, f(l_c, \alpha_c, l_o, \alpha_o), n_c, n_o) \leq \left\{ \frac{\sigma_p}{n_p}, \frac{K_{1c}}{n_k}, I_{L(V)} \right\}$$

## **СИНТЕЗ ОБЪЕКТНЫХ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР**

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

*Method of construction of Information-Administrative Architectures models with static type definition are worked out in detail in the article. Models with static and dynamic type definition are analyzed, their advantages and disadvantages are revealed.*

В [1-3] и [4] описаны различные подходы к построению моделей информационно-управленческих архитектур (ИУА). Подходы [1-3] (модели со статическим определением типов) проработаны на уровне концепций. В [4] описана модель, которая решает проблему представления многослойности ИУА и может применяться для широкого круга предприятий (модель с динамическим определением типов). Но она построена на других принципах, чем те, что описаны в [1-3].

Построение моделей со статическим определением типов выполняется следующим образом. На базе анализа предметной области (предприятий, законодательства и т. д.) выделяются некоторые сущности, между ними устанавливаются связи типа общее-частное. Эти сущности непосредственно отображаются в модели в виде классов, связи типа общее – частное – в виде наследования, а связи включения – агрегированием. Достоинством этого подхода является естественность (простота) построения объектно-ориентированной модели. Такие определения объектов реального мира как "предприятие – это юридическое лицо", "Донецкие ресурсы – это предприятие", "бухгалтерия – это подразделение" с легкостью отображаются в модели при помощи наследования. Но модель, при этом, получается довольно громоздкой. Необходимость создания отдельного класса для каждого предприятия требует, чтобы количество рассматриваемых предприятий было заранее ограничено.

Также следует оценить количество классов в модели. Предположим, рассматривается 40 предприятий одной отрасли, каждое из которых состоит в среднем из 20 подразделений. Исследования показали, что в различных предприятиях очень редко бывают полностью идентичные подразделения. Например, цех одного предприятия состоит из трех участков, а другого из пяти. В этом случае нам понадобится два отдельных класса для представления двух разных цехов. Рассматриваемая модель, при указанных предположениях, может включать до 800 классов. Это в худшем случае, но модель из 200...300 классов тоже представляется слишком громоздкой. Ситуация усложняется тем, что кроме написания самих классов необходимо написать программный код для работы с новыми классами.

Полученную модель следует использовать при таких условиях: все предприятия содержат ограниченный круг различных подразделений, рассматриваемые предприятия сходны по своей структуре, ИУА предприятий с течением времени изменяются лишь незначительно.

В [4] рассмотрена модель другого вида – модель с динамическим определением типов. В ней существует набор классов, позволяющий описывать сущности предметной области в виде набора атрибутов. Эти описания могут добавляться во время работы приложения. При использовании такого подхода пользователь может самостоятельно создавать описания сущностей предметной области. Эти описания являются логическими типами данных. Следует отметить, что расширяемое множество логических типов реализовано с помощью фиксированного набора классов модели. Модель с динамическим определением типов обеспечивает большие возможности, чем просто унификацию хранения данных. Благодаря отражению специфики реальных ИУА, модель позволяет строить единое согласованное описание ИУА в целом, а не только хранить информацию о ее разнородных элементах. Механизм хранения значений атрибутов позволяет в полной мере использовать средства, предоставляемые СУБД, для анализа информации об ИУА предприятий. При использовании этой модели имеется возможность реализовать специализированный язык запросов к БД ИУА. Важно, что единая реализация языка запросов сможет оперировать расширяемым набором логических типов.

В случаях, когда рассматриваемые ИУА разнообразны и динамично изменяются, применение таких моделей является предпочтительным.

#### **Литература.**

1. Данич В. Н. Синергизм управленческих и информационных структур в социальных системах. // Вестник Восточноукраинского государственного университета, Луганск: Изд. ВУГУ, 2000. – №3 (25). – С. 20-27.
2. Данич В. Н. Объектно-ориентированные модели социально-экономических систем в задачах выбора предпочтительных информационно-управленческих архитектур. // Модели управления в рыночной экономике: Сб. науч. тр., вып. 3 / Под ред. д.э.н., проф. Ю. Г. Лысенко. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2000. – С. 245-254.
3. Данич В.Н. Базовые структуры данных в объектно-ориентированных моделях социальных систем. // Экономическая кибернетика, Донецк: Изд-во ДонГУ. – 2001. – №5-6. – С. 91-98.
4. Система классов в задаче моделирования информационно-управленческих архитектур / В.Н. Данич, М.К. Демин, Г. Е. Чернышев // Праці Луганського відділення міжнародної академії інформатизації: Науковий журнал / Під ред. д.т.н В.О. Ульшина. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2005. – С. 39-46

## МАТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПЕРСОНАЛУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

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

*The matrix method of definition of machine building enterprise personnel performance is offered.*

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

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

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

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

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ПУТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКОЙ**

Добронос Ю.К., Тимченко В.В.  
(ДГМА, г.Краматорск, УкрНИИметаллургмаш, г.Славянск, Украина)

Одним из путей существенного повышения качества швов сварных соединений, в том числе сварных труб, является их локальное термомеханическое упрочнение (ЛТМО) способом горячей прокатки. Технология процесса состоит в разогреве зоны сварного шва и его последующей прокатке в один проход с абсолютным обжатием, равным суммарной толщине наружного и внутреннего усиления. На основе разработанных численных математических моделей, учитывающих геометрические параметры усиления и валков, механические свойства деформируемого материала и условия трения в очаге деформации установлены основные закономерности напряженно-деформированного состояния и энергосиловые параметры процесса. Установлено, что сила прокатки применительно к существующему диапазону сварных труб диаметром свыше 400 мм с толщиной стенки до 20 мм не превышает 1800 кН. Теоретически установлена возможность залечивания внутренних дефектов сплошности в сварных швах.

Результаты экспериментальной оценки энергосиловых параметров при прокатке швов сварных труб подтвердили адекватность полученных моделей. Были также проведены исследования микроструктуры сварного шва трубы из стали 20 с толщиной стенки 10 мм. Установлено, что после ЛТМО структура металла самого шва представлена в виде мелкозернистой равномерной структуры, размеры зерна которой практически вдвое меньше, чем размеры зерна необработанного шва и соответствуют 9...10 баллу, то есть структуре основного металла. Практически отсутствует переходная зона. Ударная вязкости КСV составила для центра сварного шва, переходной зоны и основного металла 156 Дж/см<sup>2</sup>, 131 Дж/см<sup>2</sup> и 153 Дж/см<sup>2</sup> соответственно. Как следует из полученных результатов, имеет место выравнивание значений величин ударной вязкости в результате локальной термомеханической обработки. Полученные результаты свидетельствуют о повышении качественных показателей термомеханически обработанного сварного шва и подтверждают выводы о возможности получения сварных труб с характеристиками цельнокатаных бесшовных труб.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОГРАММ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В КОНТАКТЕ КОЛЕСО – РЕЛЬС ПРИ РАБОТЕ КРАНА**

Емельянов О.А., Славинский Р.Л.  
(ДГМА, Краматорск, Украина)

Представлены результаты применения циклограмм для оценки нагруженности моста крана во время работы.

Циклограмма – это график изменения нагруженности крана в различные периоды его работы.

Цикл работы крана – это время, необходимое на выполнение трех периодов работы крана и возвращение его в первоначальное положение в пролете цеха.

Работа, выполняемая грузоподъемным краном, разделяется на три периода:

- подъем-опускание груза;
- транспортировка груза тележкой;
- перемещение груза краном.

Отмечена особенность влияния неточности установки рельсового пути, жесткости моста, при изгибе в горизонтальной плоскости и перекоса колеса в горизонтальной плоскости на накопление усталостных повреждений.

Исследована циклограмма работы крана для оценки влияния на накопление усталостных повреждений перекоса колес, смещения рельсов и рельсовых стыков с проектных отметок.

Из которой видно, что наиболее нагруженные периоды – это "подъем и опускание груза", при котором происходит увеличение вертикальных реакций в контакте колесо-рельс.

Во время периода "перемещении груза тележкой" происходит изменение места положения нагрузок. Это подтверждает график линий влияния приведенный в работе.

Перемещение груза краном не вызывает изменения мест приложения нагрузки и величины опорных реакций. Но как показывает опыт эксплуатации, усталостные повреждения появляются на кранах с интенсивным износом реборд ходовых колес, что доказывает значительное влияние боковых нагрузок на переменность нагружения.

# **ВЛИЯНИЕ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СМЕСИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕНИЯ И ВЯЗКОСТЬ ШЛАКА ПРИ НАПЛАВКЕ САМОЗАЩИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ МЕТАЛЛА ТИПА 8ХЗГСВ2Ф**

Жариков С.В., Карпенко В.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Повышение производительности наплавки и обеспечение равномерности плавления сердечника и оболочки самозащитных порошковых проволок (СПП) может быть достигнуто введением в состав их шихты экзотермических смесей.

Однако введение экзотермической смеси изменяет состав шлака и оказывает влияние на его свойства, а следовательно и на свойства наплавленного металла. Следовательно изучение этого вопроса играет важную роль при разработке экзотермических СПП.

Для изготовления экзотермических СПП применялись минералы, образующие шлаковую основу  $\text{CaO} - \text{CaF}_2 - \text{TiO}_2$ . В результате наплавки самозащитной порошковой проволокой, содержащей экзотермическую смесь в сердечнике, образуется шлак, относящийся к следующей шлаковой основе:  $\text{CaO} - \text{CaF}_2 - \text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}$ . В результате расчетов получено, что при наплавке металла типа 8ХЗГСВ2Ф содержание оксидов алюминия, составляет около 10%, при содержании экзотермической смеси в наполнителе СПП 40%.

При наплавке металла типа 8ХЗГСВ2Ф в результате окисления легирующих элементов, образуются оксиды вольфрама –  $\text{WO}_3$ , хрома –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и ванадия –  $\text{V}_2\text{O}_5$ , оказывающие влияние на свойства шлака. Их содержание в составе образующихся шлаков составляет 3...6%.

Исследовалось влияние оксидов  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$  на температуру плавления и вязкость шлаков.

Проведенные исследования показали, что оксид алюминия существенно снижает температуру плавления шлака по сравнению с оксидами вольфрама, хрома и ванадия. Введение в шлак оксидов вольфрама и ванадия снижает вязкость расплавленного шлака, оксид алюминия практически не оказывает влияния на вязкость, а введение оксида хрома значительно увеличивает вязкость шлака при температуре 1700К.

Таким образом введение экзотермической смеси в состав шихты порошковой проволоки способствует снижению температуры плавления шлака и практически не оказывает влияния на вязкость шлака.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО ВЗРЫВА НА АКТИВАЦИЮ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОЕДИНЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ**

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

Образование соединения при нанесении покрытия электроэрозионным способом и при сварке в активирующей защитной среде с электроконтактным нагревом определяется электрофизическими явлениями в зоне контакта. Процессы, происходящие при пропускании электрического тока через контакт между двумя поверхностями, сопровождаются взрывом металлических перемычек образовавшихся в местах соприкосновения микровыступов микрорельефа поверхности. Площадь пятна контакта составляет суммарная фактическая площадь касания сопряженных поверхностей во много раз меньше номинальной поверхности контакта. Увеличение плотности введенной энергии увеличивает внутреннюю энергию вещества, растут скорость его расширения и число центров конденсации ионов. В результате взрыва, происходит разлет и конденсация вещества в окружающей среде. Характеристики окружающей среды (электрическая прочность, массовая плотность, химическая активность и др.) дополняют условия получения адсорбционноактивных веществ. Полученные конденсированные вещества, осажженные на соединяемые поверхности, под действием высоких импульсных нагрузок в зоне теплового взрыва способствуют развитию диффузионных процессов благодаря действию эффекта Ребиндера. Развитию действия этого эффекта способствуют возникновение ударной волны от действия неравномерного нестационарного теплового поля на упругую среду вызывающее возникновения поля термических напряжений и от действия среды между взаимодействующими поверхностями. Высокая скорость образования соединения при нанесении тонких слоев покрытия электроэрозионным способом очевидна и наглядна. Оценить влияние активирующих факторов на ускорение диффузионных процессов при сварке позволил эксперимент. Сравнивали длительность времени образования соединения стальных заготовок диаметром 15 мм. При диффузионной сварке в вакууме для получения такого соединения требуется 300 с. При сварке заготовок такого диаметра в активирующей защитной среде, которая создавалась введением углеводородной жидкости между соединяемыми поверхностями, с нагревом места стыка электроконтактным способом требуется 12 с. Это подтверждает факт наличия активации диффузионных процессов благодаря тепловому взрыву между контактирующими поверхностями.



## ОБРАЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПРИ ПИРОЛИЗЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Образование наноразмерных продуктов пиролиза ингредиентов и последующего синтеза новых веществ является одним из этапов образования соединения между контактирующими поверхностями при пропускании электрического тока через углеводородную среду. Наличие нанопродуктов пиролиза в зоне образования соединения изменяет как температуры контактного плавления, так и свойства продуктов синтеза. Нагрев при пропускании электрического тока через контакт между двумя поверхностями при тепловом взрыве в углеводородной среде характеризуется следующими условиями: введенная в вещество энергия превышает теплоту его испарения, время нагрева меньше времени действия капиллярных сил и меньше времени развития магнитогидродинамических неустойчивостей. Образование наноразмерных продуктов пиролиза и последующего синтеза новых веществ является одним из факторов способствующих развитию диффузионных процессов в зоне контакта при пропускании через него электрического тока. Для исследования образования наноразмерных продуктов пиролиза и их выделения был поставлен эксперимент. Были разработаны образцы, снабженные полостью для улавливания продуктов пиролиза. Исследуемое вещество подвергалось пиролизу в условиях теплового взрыва. Продукты пиролиза изучали методами электронной микроскопии. Изучалась структура и форма выделенного продукта. Установлена, например, возможность получения нанотрубок при пиролизе неотвержденной эпоксидной смолы, глицерина. При пиролизе эпоксидной смолы с добавками растворов солей металлов были выделены фуллерены.

Полученные результаты подтверждают образование наночастиц в зоне нагрева углеводородных веществ при пиролизе. Образование углеродных нанотрубок и фуллеренов свидетельствует об образовании также и о существовании углерода в атомарном состоянии. В тех экспериментах, когда в состав исследуемого вещества вводили бор аморфный, в результате синтеза были получены хрупкие коричневые пленки с высокой твердостью. Это в свою очередь подтверждает высокую реакционную способность наночастиц и возможность синтеза новых веществ в условиях теплового взрыва.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТА

Зуева Л.М.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Рассматривается технологическая система (ТС) как человеко-машинная технологическая система. В качестве математического аппарата формализации использовалась теория массового обслуживания. Исследуемая ТС представляет собой одноканальную систему, в которой прибором обслуживания является рабочий.

Данная ТС операционного уровня, где осуществляется технологический процесс обработки прокатных валков. Она включает универсальный токарный станок ( $D_c=1600$  мм), СТО (приспособления, режущий и мерительный инструмент). Обработка ведется одним или двумя суппортами. Станочник работает без подручного и совершает следующие действия по восстановлению (станок остановлен) и обслуживанию (без остановки станка) системы: смена резца; изменение режимов резания; измерение детали; уборка стружки из зоны резания; активное внимание; настройка станка на новый переход. Времена восстановления и обслуживания задаются с помощью законов распределений плотности, полученных на основании сбора и последующей обработки статистики, собранной методом длительных и моментных наблюдений в производственных условиях. Входной поток требований состоит из независимых последовательностей событий более простого вида: наработки на отказ резца, на измерение детали, изменение режимов резания, активного внимания, уборки стружки из зоны резания, настройки на переход. Настройка на переход планируется как детерминированный процесс в зависимости от машинного времени обработки. Математическая модель системы рассматривается как множество переменных вместе с законом функционирования.

Входные воздействия на систему: поток заявок на обслуживание от детали, режущего инструмента, станка. Управляющими воздействиями приняты: коэффициент вариации распределения плотности времени наработки на отказ резца и соотношение между случайными и регламентированными событиями при восстановлении системы (группа стабильности).

На этапе непосредственного изготовления продукции на надежность ТС влияют: стабильность технологического процесса, организация оптимального контроля, обслуживания и ремонта, использование результатов анализа отказов и неисправностей для регулирования хода ТП. В нашем случае изучается влияние надежности режущего инструмента как элемента ТС с самым коротким сроком жизни, так как отказы инструмента встречаются на порядок чаще отказов других элементов ТС.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЧИСТОВОГО И ТОНКОГО ТОЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

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

Одним из направлений повышения производительности механообработки является оптимизация режимов резания, что особенно актуально при чистовой и тонкой обработке с использованием современных инструментальных материалов на основе сверхтвердых модификаций нитрида бора, а также минералокерамики.

Цель представляемой работы – установить взаимосвязь оптимальных режимов резания с условиями механообработки и показателями качества обработанной поверхности при чистовом и тонком точении.

В представляемой работе используется один из наиболее распространенных методов оптимизации – метод линейного программирования.

Целевая функция – производительность обработки, максимум которой достигается при минимуме основного времени, или максимуму произведения  $n \cdot s \rightarrow \max$ . ( $n, s$  – частота вращения и подача).

Особенностью рассматриваемых методов чистовой и тонкой токарной обработки является необходимость учета ограничений по предельно допустимой шероховатости обработанной поверхности  $R_{adon}$  и по предельно допустимой температуре резания  $\Theta_{don}$ , сведения о которых в современной справочно-нормативной литературе весьма ограничены.

В результате проведенных исследований установлены взаимосвязи параметров шероховатости с режимами резания при чистовом и тонком точении, позволяющие формировать ограничения по шероховатости в виде степенных функций для любых условий обработки.

На основании выполненного анализа теплового состояния лезвий инструментов, оснащенных эльбором и минералокерамикой, установлены взаимосвязи температуры резания с режимами резания, также позволяющие формировать ограничения по температуре в виде степенных функций для любых условий обработки.

С использованием установленных аналитических взаимосвязей оптимальных режимов резания с условиями механообработки с учетом весьма важных температурных ограничений и ограничений по шероховатости обработанной поверхности разработано программное обеспечение для решения задачи оптимизации параметров чистовой и тонкой токарной обработки. На основании полученных результатов разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов резания в любых условиях чистовой и тонкой токарной обработки.

Предложенная методика и программное обеспечение могут быть широко использованы для оптимизации режимов резания в любых условиях механообработки.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЛЕЗВИЙНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

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

Комбинированные методы лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки весьма эффективны по производительности и обеспечению высокого уровня качества деталей. Несмотря на большое количество информации об отдельных видах как лезвийной, так и отделочно-упрочняющей обработки, сведения об особенностях комбинированной обработки практически отсутствуют, что затрудняет обоснование рациональных условий ее применения.

В представляемой работе исследованы возможности дальнейшего совершенствования комбинированной обработки точением и обкатыванием на основании решения следующих задач:

- обоснование конструктивных и геометрических параметров комбинированных инструментов, сочетающих в себе режущие и деформирующие элементы,
- оптимизация режимов комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки по критерию максимальной производительности с учетом ограничений по режущим возможностям инструмента, предельно допустимой шероховатости обработанной поверхности и температурных ограничений;
- анализ необходимости применения смазочно-охлаждающих технологических сред при эксплуатации комбинированных инструментов и разработка рекомендаций по рациональным условиям их применения.

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

На основании проведенных исследований решена важная практическая задача оптимизации режимов комбинированной обработки точением и обкатыванием, обеспечивающих максимальную производительность для любых заданных условий и требований к качеству обработанных поверхностей. Обоснована возможность существенного (до 3 раз) повышения производительности комбинированной обработки точением и обкатыванием за счет снятия температурных ограничений при использовании СОЖ. Разработаны рекомендации по рациональным условиям применения СОЖ, обеспечивающим заданный уровень снижения температуры обработки.

Разработанная методика может быть применена для любых видов комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки.

## УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИТРИДОВ ВАНАДИЯ В МЕТАЛЛЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ

Кабацкий А.В., Кабацкий В.И., Ткачев А.И., Рабичев В.И.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Одним из способов обеспечения стабильного повышения комплекса механических свойств и стойкости против трещин высокопрочного металла шва является модифицирование наплавленного металла ванадием в сочетании с азотом. Основная цель данной работы – исследовать вероятность образования нитридов ванадия в низколегированном высокопрочном металле сварных швов.

Возможность присутствия в металле швов нитридов ванадия определялась для реакции взаимодействия ванадия и азота. С учетом молярных концентраций элементов энергия Гиббса определялась следующим образом:

$$\Delta G = RT \ln \left( \frac{1}{\chi[N]\chi[V]} \right) - \Delta G^0$$

где  $\chi[N]$ ,  $\chi[V]$  – молярные концентрации азота и ванадия.  $\Delta G^0$  – энергетический выход для реакции нитридообразования.

Результаты расчетов для диапазона температур 1800...500К свидетельствуют о том, что при температурах ниже 820...830К в металле сварных швов с заданными концентрациями азота и ванадия образование нитридов ванадия становится термодинамически возможным.

Для подтверждения наличия данной фазы был проведен рентгеновский качественный анализ фазового состава металла шва. Были проведены эксперименты по выявлению наиболее сильной линии в металле шва типа 10ХГНМАФ, выполненном на стали 25ГСМ. Заключение о наличии нитридов ванадия в металле делали на основании условия присутствия линии в интервале  $[2\theta_1, 2\theta_n]$ :

$$S_a^2 / S_b^2 \geq F_\gamma [(n-1), n(m-1)]$$

где  $F_\gamma$  – табличное значение  $F$ -критерия, соответствующее вероятности  $\gamma$ ;  $(n-1)$  – число степеней свободы  $S_a^2$ ;  $n(m-1)$  – число степеней свободы  $S_b^2$ . Сопоставление расчетного значения соотношения с табличными значениями критерия Фишера показывает, что нитридная фаза в металле присутствует. Полученные результаты, позволяют обосновать получение стабильного эффекта повышения стойкости сварных швов против образования холодных трещин с сохранением хорошего сочетания механических свойств более интенсивным зарождением в металле шва нитридной фазы ванадия.

## ОПТИМИЗАЦИЯ НИЗКОЛЕГИРОВАННОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ

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

При сварке и ремонте узлов из высокопрочных закаливающих сталей важным моментом является выбор оптимальных с позиции механических свойств и стойкости против холодных трещин параметров комплексного легирования и модифицирования. Для облегчения этой задачи была создана математическая модель, отражающая влияние характеристик легирования и модифицирования на свойства наплавленного металла высокопрочных низколегированных сварных швов.

Для металла швов, содержащего 0,1% С, 1,5% Мп, ~0,3% Сг, 1,5% Ni, 0,5% Мо, 0,15% Ti, 0,15% V оценивалось содержание никеля, молибдена, а также титана и ванадия. В качестве откликов были выбраны предел прочности металла шва ( $\sigma_b$ ), его вязкость при температуре 20°C ( $KCU^{+20}$ ), а также показатель склонности к образованию холодных трещин  $\tau = 1 / t$ , где  $t$  – время до выхода трещины на поверхность пробы Теккен.

По результатам испытаний были вычислены коэффициенты уравнений регрессии и трехмерные поверхности, определяющие значения откликов. Окончательно уравнения регрессии имеют вид:

$$\sigma_b = 844 + 14,75 \cdot x_1 + 14 \cdot x_2 + 24,13 \cdot x_3 + 14,75 \cdot x_4 + 8,125 \cdot x_1 \cdot x_3 + 2,75 \cdot x_1 \cdot x_4 + 4,125 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,75 \cdot x_2 \cdot x_4 + 2,375 \cdot x_3 \cdot x_4;$$

$$KCU_{+20} = 81 - 0,375 \cdot x_1 - 1,5 \cdot x_2 + 0,625 \cdot x_3 + 1,125 \cdot x_4 - 2,375 \cdot x_1 \cdot x_3 - 2,5 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,875 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,125 \cdot x_2 \cdot x_4 - 6 \cdot x_3 \cdot x_4;$$

$$\tau = 0,864 + 0,415 \cdot x_1 - 0,086 \cdot x_2 + 0,211 \cdot x_3 - 0,031 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,099 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,083 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,171 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,085 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,525 \cdot x_3 \cdot x_4.$$

Отмечено, что увеличение добавок титана воздействует на прочность более значительно, чем введение аналогичных концентраций ванадия. При увеличении отдельных добавок обоих модификаторов отмечается также уменьшение вероятности появления трещин. Это, по-видимому, обусловлено воздействием модифицирования на характер структуры и морфологию неметаллических включений.

Полученная математическая модель позволяет задавать параметры легирования и модифицирования, а также получать ориентировочные значения механических характеристик наплавленного металла типа ХГСМТФ и его стойкости против холодных трещин.

# **ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ**

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

При производстве сварных конструкций из высокопрочных закаливаемых сталей одной из главных задач является получение за счет комплексного легирования оптимального сочетания структуры и свойств высокопрочного сварного шва. Для решения данной проблемы исследовались сварные швы типа ХГНМТФ, выполненные на стали 25ГСМ опытными электродами с покрытием основного вида. Содержание вводимых в электроды элементов изменялось в следующих пределах: 0,05...0,15%С, 0,5...2,0%Mn, 0...2,0%Cr, 0,5...3,0%Ni, 0,2...0,8%Mo, 0...0,3%Ti, 0...0,3%V. Оценивались механические свойства металла швов и их склонность к образованию холодных трещин в связи с отдельными характеристиками микроструктуры металла.

Стабильный эффект упрочнения достигается при комплексном легировании и за счет создания дисперсных фаз выделения при совместном модифицировании титаном и ванадием. В то же время оценка стойкости швов против холодных трещин показывает, что с повышением прочности металла шва стойкость его против трещин заметно снижается.

Анализ результатов испытания опытных электродов показал, что для создания высокопрочного низколегированного металла шва, обладающего удовлетворительной стойкостью против образования холодных трещин предпочтительно модифицирование шва типа 10ХГНМТ малыми количествами ванадия. При оптимальном содержании ванадия в электродной проволоке (0,05-0,15%) появления трещин в швах можно избежать.

Установлено, что удовлетворительное сочетание механических свойств сварных швов и их стойкости против трещин при сварке сталей данного класса возможно обеспечить посредством модифицирования шва типа 10ХГНМТ малыми количествами ванадия. Данный эффект достигается за счет получения металла шва с дисперсной дезориентированной первичной и вторичной структурой, равномерным распределением фаз выделения и неметаллических включений. Найдены также пределы оптимальных концентраций легирующих и модифицирующих элементов, вводимых в металл шва.

## ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СБОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Казакова Т.В., Марчук Е.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Оценка прочности режущей части инструмента, являющейся вероятностной характеристикой его надежности, наиболее эффективно может быть дана на основе установления соотношений между действующими в режущей части инструмента при резании напряжениями для данного инструментального материала при данных нагрузках в зоне резания.

Целью настоящих исследований является аналитический расчет напряженно деформированного состояния сборного резца с креплением твердосплавной пластины по схеме "Р" (Н×В 32×32 мм), а также проверка полученных результатов путем экспериментального исследования фактических размеров разрушений указанных резцов.

Для расчета напряженно-деформированного состояния сборных резцов использован МКЭ. Анализ процессов разрушения инструментальных материалов показывает, что в соответствии с принципами теории прочности состояние материала в области его разрушения полностью определяется действующими напряжениями. Общий критерий прочности инструментальных материалов учитывается эквивалентными напряжениями по критерию Мизеса. На рис. 1 представлен график распределения эквивалентных напряжений по режущей кромке. За единицу отсчета принята вершина инструмента, положительное направление соответствует главной режущей кромке, отрицательное – вспомогательной режущей кромке.

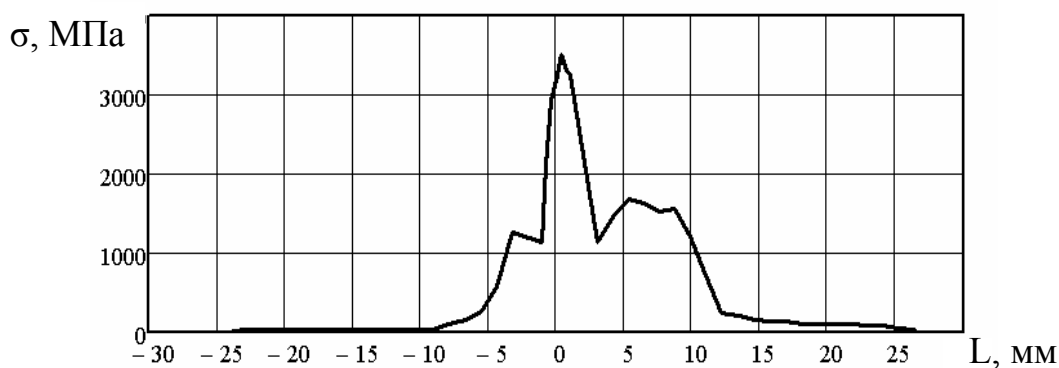


Рисунок 1 – Распределение эквивалентных напряжений на режущей кромке

Экспериментальные исследования показали, что размеры разрушений токарных резцов изменяются в широких пределах. Коэффициенты вариации указанных размеров разрушений изменяются от 0,44 до 0,86. Статистическая функция распределения соответствует экспоненциальному закону.

Максимальные эквивалентные напряжения имеют место у вершины режущей пластины, уменьшаясь по длине режущей кромки по мере удаления от вершины, что соответствует результатам расчета.



# МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В СРЕДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

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

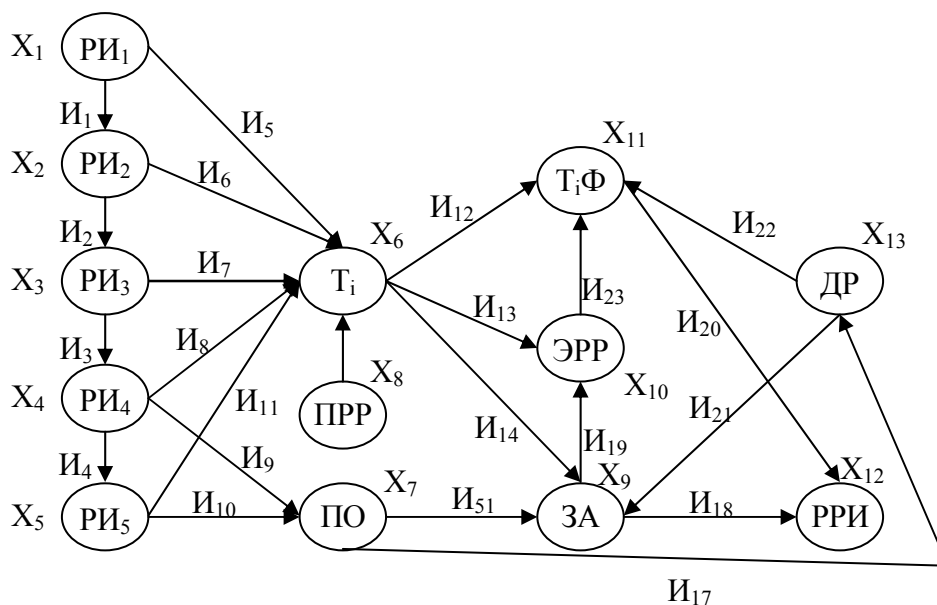
Разработан оргграф фиксации периода стойкости, диагностики и обслуживания агрегатно-модульного инструмента.

Повышение эффективности производственных процессов в тяжелом машиностроении представляет собой комплексную многоуровневую задачу, одним из этапов которой является обеспечение надежности технологической системы.

Целью настоящей работы является разработка модели диагностики и обслуживания агрегатно-модульного инструмента в рамках технологической системы.

Объектом исследования являлись технологическая система и ее производительность, зависящая от режимов резания, конструкции, диагностики состояния и регламентов обслуживания режущего инструмента.

Модель диагностики и обслуживания агрегатно-модульного инструмента в рамках технологической системы можно представить в виде графа (рис. 1).



(РИ1-РИ5 – группы качества инструмента;  $T_i$  – период стойкости; ПРР – применяемые режимы резания; ЗА – количество запасных пластин; РРИ – расход режущего инструмента;  $T_i\Phi$  – фактический период стойкости; ДР – диагностика режущего инструмента)

Рисунок 1 – Оргграф фиксации периода стойкости, диагностики и обслуживания режущего инструмента

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

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

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

- 1 Установить границы инженерной системы, подлежащей оптимизации. В качестве такой системы принята система СПИД и факторы, обеспечивающие ее функционирование.
- 2 Определить критерий, на основе которого можно произвести анализ вариантов с целью выявления "наилучшего". В качестве такого критерия принята минимальная технологическая себестоимость  $C_{T_{шл}}$  снятия единицы объема материала припуска при шлифовании.
- 3 Выбрать внутрисистемные переменные, которые используются для определения характеристик и идентификации вариантов. В качестве независимых переменных выбраны параметры режима обработки (глубина резания  $t$ , скорость резания  $v$  и подача  $s$ ).
- 4 Построить модель, отражающую взаимосвязи между переменными (между  $C_{T_{шл}}$  и параметрами режима шлифования), которая представлена в виде

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

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

- 5 Определить границы технических ограничений для различных видов ХНМ. К основным техническим ограничениям, на которые наибольшее влияние оказывают режимы резания, относятся мощность и сила резания, температура в зоне обработки. Техническими ограничениями, на которые режимы резания воздействуют косвенно, являются шероховатость и дефектность формируемой поверхности детали, стойкость инструмента.
- 6 Выбрать метод оптимизации, наиболее подходящий для решения поставленной задачи. Наиболее подходящим для рассматриваемых условий является метод нелинейного программирования.

# ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД НА ТЕПЛОВЫЕ И СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

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

В настоящее время в мире наблюдается тенденция увеличения производства изделий из хрупких неметаллических и композиционных материалов, которые обладают комплексом требуемых свойств, и, по сравнению с металлами, имеют преимущества по уровню жаростойкости, износостойкости, коррозионной стойкости, стойкости к воздействию химикатов.

Обработка резанием – доминирующий метод формообразования деталей в машиностроении, эффективность которого в значительной мере определяется применением смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС). В связи с этим, важна оценка необходимости и влияние СОТС на процесс обработки хрупких неметаллических материалов (ХНМ).

В результате проведения ряда экспериментов по изучению влияния диспергирующей функции СОТС на характеристики процесса обработки, были получены следующие результаты:

- применение СОТС, обладающих повышенными диспергирующими свойствами, благотворно сказывается на качестве обработанной поверхности;
- диспергирующая функция СОТС облегчает работу инструмента, что уменьшает силы, действующие в зоне обработки, и значительно сокращает дефекты, вносимые обработкой;
- СОТС благотворно влияет на температуру в зоне обработки.

Как показали наши исследования, при черновом шлифовании стеклокристаллической керамики (глубина резания  $t = (0,1...0,4)$  мм) с применением СОТС контактная температура уменьшается на 60...70%. СОТС не влияет на тенденцию увеличения температуры  $T$ , °С в зоне резания при увеличении глубины резания  $t$ . СОТС оказывает большое влияние на температуру в зоне обработки при высоких (до 32 м/с) скоростях резания, что опровергает теорию о возможности обработки "всухую".

Для обработки хрупких неметаллов, в частности ситаллов, в качестве СОТС наиболее применимы вода и водные растворы ПАВ, что не приносит существенного урона экологии, незначительно влияет на себестоимость продукции и не усложняет утилизацию отходов обработки. При наиболее используемом в нашем государстве диапазоне скоростей резания ( $v$  до 35 м/с) наличие СОТС в зоне обработки оказывает существенное благоприятное влияние.

Выводы: СОТС – необходимая составляющая процесса абразивной обработки ХНМ. Применение СОТС не только оказывает охлаждающую функцию, а, что существенно важнее, диспергирующую, что облегчает процесс разрушения, и препятствует развитию больших сил и градиентов температур в зоне обработки.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Киричок П.О., Кушик В.Г.  
(НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

Якість обробки деталей залежить від ряду факторів, серед яких важливу роль відіграє шорсткість поверхні. Для забезпечення заданої шорсткості і точності обробки поверхні використовуються відомі методи механічної обробки на різних типах металорізальних верстатів з використанням прогресивної технологічної оснастки, зокрема затискних патронів різних типів. Підвищення осьової точності в 2,2...2,7 рази забезпечується новими конструкціями широкодіапазонних високоточних цангових патронів з нерухомою в осьовому напрямку циліндричною цангою, з'єднаною спеціальним фланцем з шпинделем верстата. При цьому забезпечується значна економія металу при масовому виробництві деталей за рахунок забезпечення надійної подачі прутка до упору і виключення операції вторинної підрізки торця.

Підвищення експлуатаційних властивостей, за умови динамічного циклічного знакозмінного навантаження, високих контактних напружень забезпечується найбільш універсальним і водночас сучасним методом зміцнення поверхневого шару з одночасним утворенням на поверхні регулярних мікрорельєфів – методом вібраційного накатування. Забезпечення формоутворення при даному виді обробки здійснюється спеціальними пристроями, які встановлюються на токарному верстаті і для здійснення руху осциляції мають привід від окремого електродвигуна або від системи керування верстату.

Пошук нових схем пристроїв і елементів їх конструкцій здійснюється з використанням методів пошуку нових технічних рішень, таких як метод морфологічного аналізу, фокальних об'єктів, синектики. Багатоваріантність схем пристроїв дозволяє проводити процес вібронакатування за різними технологічними схемами – односторонніми, багатосторонніми та у вигляді багатолезових головок. Конструкції синтезованих пристроїв повинні забезпечувати нанесення заданого мікрорельєфу на поверхні деталі і при цьому забезпечити задану динамічну стійкість технологічної системи ВПД при різних схемах формоутворення. Для встановлення зв'язку між технологічними факторами, геометричними та фізико-механічними характеристиками якості поверхні та поверхневого шару розроблено систему математичних моделей.

Використання конструкторсько-технологічних методів дозволяє забезпечити якість поверхні з відтворюваним мікрорельєфом певних характеристик, що підвищує довговічність, точність і експлуатаційні властивості виробу.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЙ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ

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

В зависимости от вида и условий обработки, характера припуска период стойкости инструмента носит случайный характер и зависит от вероятности его износа и разрушения. Поэтому для корректировки стойкостных зависимостей необходимо, кроме износа инструмента, учитывать его разрушения.

Анализ разрушенных инструментов в производственных условиях показал, что все рассмотренные типы и размеры черновых резцов списываются в подавляющем большинстве случаев из-за поломок режущей части. Однако, резцы меньших размеров и резцы, работающие в лучших условиях, используются несколько лучше и выдерживают большее число переточек. Наибольшее количество крупных проходных резцов разрушается без переточек или с минимальным их числом. Статистическая обработка результатов наблюдений позволило создать математическую модель вероятности разрушения следующего вида:

$$P_{(n)} = C_{p(n)} \sigma_B^{n_{pn}} t^{x_{p(n)}} s^{y_{p(n)}} D_C^{z_{p(n)}},$$

где  $\sigma_B$  – предел прочности на растяжение обрабатываемого материала, МПа,  $t$  – глубина резания,  $s$  – подача, мм/об,  $D_C$  – размерный параметр станка, мм,  $C_{p(n)}$  – постоянная, зависящая от условий обработки

Математическая обработка производственных данных производилась с помощью пакета программ Statistica 5.5. Для наиболее распространенных условий эксплуатации режущего инструмента, на тяжелых станках получена зависимость вероятности разрушения токарных резцов (коэффициент множественной корреляции  $R = 0,72$ ) для станков с  $D_C < 2500$  мм:

$$P_{(n)} = 0.5 \sigma_B^{1.75} t^{1.1} s^{2.25} D_C^{-1.5}.$$

Анализ математической модели показывает, что обрабатываемый материал оказывает большое влияние на число поломок. Резцы с вертикально расположенной пластиной твердого сплава обеспечивают уменьшение числа поломок в среднем в 1,9 раза по сравнению с резцами, имеющими горизонтальную пластину. Изменение подачи больше сказывается на числе поломок резцов, чем изменение глубины резания. Большая степень влияния подачи на вероятность поломки резцов подтверждает еще раз, что обдирочную обработку выгодно вести с максимальной глубиной резания не только с точки зрения стойкости резцов, но и с точки зрения вероятности их поломок.

Оценка разрушений инструмента с применением вероятностного подхода дает возможность более точно прогнозировать величину периода стойкости инструментов и степень его рассеивания.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНСТРУМЕНТА НА ТЯЖЕЛЫХ СТАНКАХ**

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

Процесс эксплуатации инструмента на тяжелых станках характеризуется большим рассеиванием всех параметров технологической системы, что затрудняет прогнозирование выходных параметров, автоматизировать процесс обработки деталей, разработку управляющих программ для станков с ЧПУ.

Случайную природу выходных параметров процесса эксплуатации инструмента обеспечивает, прежде всего, возмущающие параметры, а также рассеивание определяющих и управляемых параметров.

Факторы стабильности связаны с возмущающими параметрами технологической системой, которые легли в основу разработанной структуры системы, обеспечивающей стабильность процесса эксплуатации инструмента на тяжелых станках. Наиболее информативным статистическим показателем стабильности принят коэффициент вариации параметра. Факторы стабильности технологической системы рассматриваются для станка, детали, инструмента и станочника.

Случайный характер изменения статистической и динамической жесткости станка служит одной из основных причин возникновения вибраций в технологической системе, непредвиденного изменения стойкости инструмента, и увеличению вероятности его поломки. Приводится зависимость жесткости новых и изношенных станков от времени их эксплуатации. Срок службы станка после капитального ремонта может быть косвенным показателем состояния станка, влияющего на стабильность обработки.

Статистические исследования характеристик деталей, обрабатываемых на тяжелых станках, показывают, что в пределах станков одного типоразмера рассеивание размеров и массы деталей достаточно велико (коэффициент вариации достигает 0,9). Силы резания также имеют значительное рассеивание, что приводит к нестабильности условий работы инструмента. Колебания величины удаляемого припуска также является одним из основных факторов дестабилизации свойств поверхностного слоя деталей.

Степень влияния психофизической нагрузки на рабочего предложено оценивать с помощью коэффициента готовности технологической системы, рассматривая ее надежность.

Вероятностный характер износа и разрушения режущих инструментов является главным фактором стабильности его эксплуатации, коэффициент вариации периода стойкости инструмента зависит от рассеивания всех других факторов стабильности, поэтому его можно принять в качестве обобщающего показателя стабильности процесса эксплуатации инструмента.

## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗМЕРНОЙ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

Клименко Г.П., Ткаченко Н.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При чистовой обработке деталей одним из видов отказов инструмента является его размерный износ, от которого зависит точность обработки деталей и стабильность технологического процесса.

В большинстве технологических процессов изменение размеров деталей из-за случайных погрешностей увеличивается со временем так, что они способствуют увеличению поля рассеивания размеров детали. В связи с этим возникает задача учета вероятностного характера износа инструмента при определении его наработки на отказ. В основу прогнозирования размерной стойкости инструмента положено стохастическое уравнение износа:

$$\frac{d\Delta(t)}{dt} = C + \lambda\Delta(t) + N(t),$$

Где  $C$  – постоянная составляющая скорости износа;  $\lambda$  – среднее значение ускорения износа;  $N(t)$  – стационарный случайный нормальный процесс с нулевым средним и достаточно малым временем корреляции.

Спектральная плотность процесса  $H(t)\sigma^2$ . Наличие процесса  $H(t)$  связано со случайностью процесса износа. Пусть начальное отклонение размера детали, полученное при изготовлении,  $\Delta_0$ .

Уравнение будет иметь вид:

$$\frac{d\Delta(t)}{dt} = \lambda \left[ \frac{C}{\lambda} + \Delta_0 + \Delta(t) + N(t) \right],$$

где  $\Delta_{(t=0)} = 0$ ,  $\Delta(t)$  и  $d\Delta(t)/dt$  – определяют величину отклонения линейного размера детали от номинального значения и производную по времени от этого отклонения. Это случайные величины, зависящие от случайного процесса  $N(t)$ . Значения начального зазора  $\Delta_0$ , постоянной составляющей скорости износа  $C$  и коэффициента пропорциональности  $\lambda$  являются случайными величинами

Проведены производственные испытания твердосплавного инструмента по обработке валков на тяжелых токарных станках с получением кривых реализации износа, по которым установлены исходные данные для уравнения износа. Получены математические зависимости для определения времени работы инструмента с заданной вероятностью, в течении которого размеры обрабатываемой детали находятся в пределах допуска.

## ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ОСНАЩЕННОГО ПСТМ НА ОСНОВЕ КНБ

Клименко С.А., Копейкина М.Ю.

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

Режущие инструменты, оснащенные поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ), являются в настоящее время наиболее эффективными при обработке закаленных сталей, труднообрабатываемых чугунов, напыленных и наплавленных защитных покрытий высокой твердости, процесс резания которых сопровождается температурами, превышающими 1200 °С. При этом, проблема повышения износостойкости инструментов, оснащенных такими материалами, остается актуальной, как с технической, так и с экономической точек зрения.

Выполненные ранее исследования показали, что в зоне контакта инструментального и обрабатываемого материалов реализуется механизм контактно-реактивного плавления, что является одной из причин износа инструмента. Одним из продуктов взаимодействия в зоне резания является свободный азот.

Термодинамический анализ показал, что учет наличия в контактной зоне парциального давления азота (100...150 Па) и напряжений между инструментом и обрабатываемым материалами 3...5 ГПа, показывает, что началу химического взаимодействия отвечают температуры 1100...1200 °С.

В соответствии с принципом Ле-Шателье, превентивное создание в контактной зоне азотной среды, должно способствовать увеличению температуры протекания отмеченных реакций, сдвигая диапазон образования жидкой фазы на контактных поверхностях инструмента в более высокотемпературную область.

Учет указанного механизма изнашивания позволяет предложить некоторые пути управления износостойкостью инструмента из ПСТМ:

*Обработка в газовой азотной среде.* При малых скоростях резания (1,0...1,25 м/с) стойкость инструмента при использовании азотной среды изменяется относительно слабо (до 25...30 %), что связано с низкой температурой в зоне резания. При увеличении скорости резания (2,5...3,0 м/с), а, следовательно, и контактной температуры, влияние газовой среды на износостойкость инструмента более существенно (до 3-х раз) – следует иметь в виду, что в этом случае азотная срезка кроме



непосредственного воздействия на протекание реакции между контактирующими материалами, препятствует интенсификации окислительных реакций на поверхностях инструмента.

*Введение в состав инструментального композита добавки*, которая, диссоциируя или вступая во взаимодействие с обрабатываемым материалом при термобарических условиях процесса резания, обуславливают наличие в зоне резания свободного азота. Взаимодействие добавки в составе инструментального материала с элементами обрабатываемого материала должно происходить при температурах более низких, чем температуры, характерные для взаимодействия с элементами обрабатываемого материала основы инструментального композита – КНБ.

*Нанесение на рабочие поверхности инструмента из ПСТМ на основе КНБ слоя защитного покрытия.*

Наличие на контактных поверхностях инструмента защитных покрытий приводит к коренному изменению механики и физико-химии контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого изделия. Учитывая отмеченный выше механизм изнашивания режущих инструментов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ, связанный с химическим взаимодействием в зоне резания, одной из основных функций покрытия является ликвидация или снижение интенсивности взаимодействия КНБ с обрабатываемым материалом. В качестве покрытия следует использовать некоторые нитриды металлов, которые в условиях высокой температуры в зоне резания взаимодействуют с обрабатываемым материалом с выделением свободного азота.

При этом, наличие покрытий снижает нормальные и тангенциальные напряжения на рабочих поверхностях инструмента, повышая надежность работы инструмента, особенно в период приработки.

Эффективность защитных покрытий на инструменте из ПСТМ более значима при высоких скоростях резания.

Полученные результаты лабораторных и производственных испытаний свидетельствуют о перспективности научного направления по повышению износостойкости режущих инструментов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ, за счет управления контактным взаимодействием инструментального материала с обрабатываемым и элементами окружающей среды в зоне резания.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ "БРЕЮЩЕМ" ТОЧЕНИИ

Клименко С.А., Манохин А.С.

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

Величина силы резания – один из важнейших технологических показателей, характеризующих процесс обработки резанием. Для задач оптимизации и эффективного управления процессами обработки необходимо определять значения данного показателя в зависимости от конкретных условий – режимов резания, вида обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента. Особенно важны величины сил резания для такого "чувствительного" к условиям обработки метода чистового точения как "бреющее" резание, так как при обработке закаленных сталей с большими сечениями среза сила резания имеет достаточно большие значения, что может привести к снижению качества обработки при недостаточной жесткости системы СПИД.

В работах отечественных и зарубежных авторов были получены выражения и алгоритмы для расчета составляющих силы резания при "бреющем" точении и свободном косоугольном резании. Однако применение полученных зависимостей не обеспечивает возможность получения результатов с необходимой точностью в широком диапазоне варьирования условий обработки.

Целью настоящей работы была разработка методологии расчета технологических составляющих силы резания при "бреющем" точении и последующая экспериментальная проверка результатов вычислений.

Установлено, что одним из основных факторов, оказывающих влияние на величину сил резания, является сечения среза, определяющее нагрузку на режущий клин инструмента. Авторами предложена модель изменения толщины среза вдоль режущей кромки резца. При этом толщина среза в каждой из точек лезвия понималось как расстояние, измеренное между режущей кромкой, расположенной на поверхности резания и линией ограничивающей проекцию сечения срезаемого слоя на переднюю поверхность резца и измеренное по нормали к режущей кромке инструмента.

Вычислить величину главной составляющей силы резания на передней поверхности по известной величине угла сдвига или усадке стружки, можно на основании уравнения баланса механической энергии при резании.

$$P_z \cdot v = A_{pd} + A_{tp},$$

где  $A_{pd}$  – работа пластической деформации на поверхности сдвига,  $A_{tp}$  – работа силы трения на передней поверхности инструмента.

Известно уравнение, для определения величины удельной работы пластической деформации при резании:  $A_w = \varepsilon \cdot \tau$ . Согласно условию пластичности Мизеса-Губера, количество удельной энергии формоизменения не зависит от схемы деформации, а является функцией механических свойств материала. В этой связи, можно утверждать, что в условиях косоугольного резания, когда деформация материала на поверхности сдвига происходит в двух направлениях – в плоскости нормальной к режущей кромке и касательном к ней направлении, данное уравнение также справедливо. Используя в качестве исходных данных механические и теплофизические свойства обрабатываемого и инструментального материалов, режимы обработки и геометрические

параметры режущего инструмента, рассчитать силу резания, не проводя экспериментальных измерений усадки стружки, можно положив, что средняя удельная сила трения на передней поверхности является величиной, постоянной для данной температуры.

Для расчета составляющих силы резания на передней поверхности необходимо определить угол сдвига в плоскости, нормальной к режущей кромке. В ходе решения для начального значения температуры определяется угол сдвига, величина которого связано со значением средней удельной силы трения на передней поверхности инструмента, рассчитанным при заданной на данном этапе итерационного цикла температуре. Для полученного значения угла  $\beta_n$  снова определяется температура и соответствующая величина  $q_f$ . Цикл расчета продолжается до тех пор, пока решение не стабилизируется (т.е. разница температур определенных на  $j$  и  $j-1$  итерационных ходах не станет менее 1%). Такой порядок расчета осуществляется для каждого элементарного участка режущей кромки, что необходимо для учета переменной толщины среза. На последнем этапе элементарные силы резания суммируются.

Эксперименты проводились на станке ФТ-11. Для измерения составляющих силы резания использовался динамометр УДМ-1200, показания которого записывались в память ЭВМ. Необходимый угол наклона режущей кромки обеспечивался с помощью поворотного резца, оснащенного пластинами из ПСТМ на основе КНБ SNUN – 120804Т (12,7×12,7×4,76 мм), передний и задний углы которого в нормальном к режущей кромке сечении  $\gamma = -10^\circ$  и  $\alpha = 10^\circ$ . Обработывалась сталь ШХ-15 твердостью 61...64 HRC. Режимы резания  $t = 0,05...0,15$  мм,  $S = 0,09...1,33$  мм/об,  $v = 0,96$  м/с, угол наклона режущей кромки  $\lambda = (30...60)^\circ$ .

Установлено, что при обработке с  $t = 0,1$  мм и  $S = 0,68$  мм/об ( $h_3 = 0,15$  мм) увеличение угла наклона режущей кромки инструмента  $\lambda$  от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  приводит к уменьшению сил  $P_y$  (1925...1370 Н) и  $P_z$  (700...430 Н) и некоторому росту силы  $P_x$  (130...170 Н). С увеличением подачи в пределах 0,09...0,95 мм/об силы  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  увеличиваются от 50, 560, 250 Н до 190, 180 и 405 Н соответственно ( $t = 0,1$  мм,  $\lambda = 60^\circ$ ). С ростом глубины резания толщина и ширина среза увеличиваются и, как следствие, силы  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  возрастают со 190, 1460 и 500 Н при  $t = 0,05$  мм до 190, 1460 и 500 при  $t = 0,15$  мм ( $S = 1,33$  мм/об,  $\lambda = 60^\circ$ ).

Расчетные и экспериментальные значения, полученные при постоянной скорости резания, с достаточной точностью совпадают (разница не превышает 20%), что позволяет использовать данную методику при анализе условий обработки и определения оптимальных режимов резания.

Показано, что в диапазоне принятых режимов "бреющего" резания составляет соотношение сил  $P_y/P_z = 2,1...3,2$ . При этом, зависимость  $P_y/P_z$  от угла наклона режущей кромки  $\lambda$  является экстремальной с минимумом при  $\lambda = 45^\circ$  для различных сочетаний подачи, глубины резания и величины износа инструмента. Подача оказывает на соотношение  $P_y/P_z$  большее влияние чем глубина резания, и следовательно, обработка с максимально возможной подачей (при заданной глубине резания) и  $\lambda = 45^\circ$  является наиболее целесообразной с точки зрения создания благоприятного напряженного состояния в режущем инструменте.

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР НА КОЛЕСОТОКАРНЫХ СТАНКАХ**

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

Железнодорожная колесная пара является одним из наиболее сложных, металлоемких и ответственных элементов ходовой части подвижного состава.

Широкое внедрение новых высокоэффективных ресурсосберегающих средств и технологий, новые технологии изготовления деталей, направленных на повышение износостойкости, надежности и долговечности, предъявляют повышенные требования к технологическому обеспечению процессов изготовления и ремонта, к станочному оборудованию и металлорежущему инструменту.

Возникающие износ и дефекты колес приводят к изъятию колесной пары из эксплуатации и последующему ее восстановительному ремонту на специальных колесообрабатывающих станках.

Неэффективная механическая обработка колесных пар с поверхностными термомеханическими дефектами тормозного характера приводит к значительному превышению минимально необходимого припуска на обработку резанием, повышенному износу станочного оборудования и росту расхода режущего инструмента. Все это ведет к увеличению накладных расходов на ремонт и сокращению общего срока службы колес.

Установлено, что при токарной обработке колесной пары существует две основные проблемы: первая – выбор оптимального припуска, вторая – уменьшение износа и поломок режущего инструмента.

В качестве одного из направлений снижения расходов на ремонт при механической обработке профиля поверхности катания колесных пар следует рассматривать оптимизацию основных параметров и элементов технологической системы. Это может быть реализовано путем комплексного подхода к выбору и внедрению технико-экономической стратегии механической обработки колесных пар, при работе на технологически обоснованных режимах резания с использованием рационального режущего инструмента.

Проблема создания надежного аппарата технологического диагностирования процесса обработки на прогрессивном и перспективном оборудовании является актуальной. Эффективность диагностики определяется информативностью используемых параметров, их зависимостью от условий обработки.

Для уменьшения износа инструмента и предотвращения его поломки необходимо применять адаптивное управление процессом резания по комплексному критерию с непрерывным изменением режимов резания по результатам предварительного измерения колеса и диагностирования процесса.

# **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ТЯЖЕЛЫХ СТАНКОВ С ЧПУ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ТРАЕКТОРИЙ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДВИЖЕНИЙ**

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

Специфика обеспечения точности тяжелых станков связана с большими массами изделий и элементов несущей системы станков, большими прогибами от массовых сил, трудностями точного позиционирования, равномерных медленных перемещений и т.д. Поэтому исследования в области повышения точности станков являются актуальными в современном машиностроении.

Управление точностью в станках с ЧПУ основано на измерении геометрического положения исполнительных органов датчиками обратной связи, расположенными на звеньях кинематической цепи приводов формообразующих движений, чаще всего на ходовых винтах. Как следствие, датчики не учитывают отклонения, обусловленные упругими и температурными деформациями элементов привода и несущих систем.

В соответствии с этим рассмотрены перспективные пути повышения точности тяжелых станков с ЧПУ: 1) метод измерения погрешностей детали и итерационная коррекция траекторий перемещения; 2) метод предварительного математического моделирования деформации детали и коррекция траекторий перемещения; 3) метод моделирования погрешностей технологической системы; 4) применение адаптивной комплексной системы, включающей:

- предварительное математическое моделирование типовых деталей и технологической системы в процессе обработки;
- предварительное измерение геометрических отклонений элементов технологической системы от погрешностей, износа и др.;
- коррекция траектории формообразующих движений;
- измерение сил, моментов, температур, износа инструмента, упругих деформаций элементов технологической системы, размеров обработанной детали;
- итоговая коррекция траекторий формообразующих движений и режимов обработки.

Адаптивное управление станками, использующее для совершенствования процесса информацию, получаемую в ходе обработки, с учетом и последующей ее коррекцией, является наиболее перспективным методом, открывает новые возможности повышения точности и позволяет обеспечить максимальное качество и производительность.

## **УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ МЕТОДАМИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР**

Ковалев В.Д., Пономаренко А.В., Байракова Ю.О.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Повышение точности и работоспособности тяжелых станков в настоящий момент является актуальной задачей в станкостроении. Одним из способов улучшения этих параметров является применение гидростатических опор, которые позволяют создать гарантированный слой смазочного материала заданной толщины между взаимосопрягаемыми поверхностями узлов, что обеспечивает необходимую точность и плавность перемещений.

При обработке на тяжелых токарных станках необходимо управлять точностью в процессе работы за счет регулирования параметров опор при изменении параметров обработки. В традиционных опорах жидкостного трения траектория перемещения подвижных узлов задается формой опорных поверхностей. Эффективно компенсировать влияние температурных и силовых деформаций опорных поверхностей позволяют адаптивные гидростатические опоры, обеспечивающие траектории перемещения и точность положения подвижных узлов, близкие к идеальным. Применение известных конструкций автоматических регуляторов с обратной связью по давлению в данном случае недостаточно, поскольку управление положением исполнительного органа осуществляется косвенно на основе перераспределения расхода смазочного материала при изменении условий истечения через карманы опор (рис. 1 а). Для адаптивного регулирования параметров гидростатических опор перспективным вариантом является применение регуляторов, изменяющих расход или давление смазочного материала по результатам непосредственного измерения положений и траекторий перемещений исполнительных органов станка специальными датчиками (рис. 1 б). Принцип работы системы автоматического управления точностью заключается в осуществлении микроперемещений исполнительных органов за счет изменений характеристик опор в зависимости от изменяющихся условий процесса обработки.

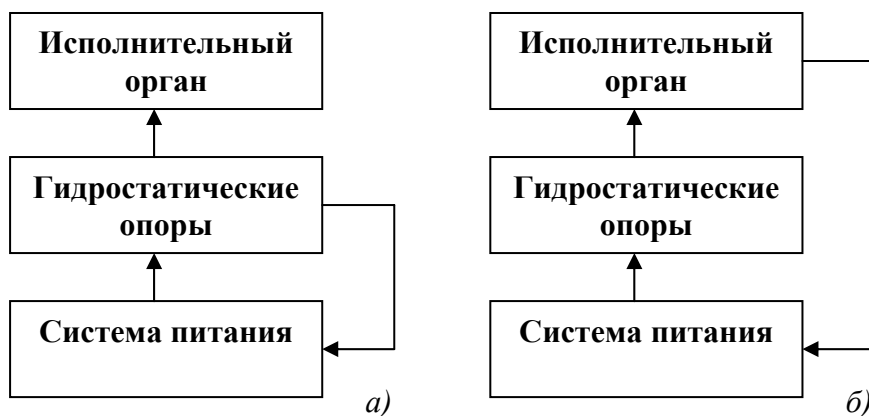


Рисунок 1 –Схема работы системы автоматического управления точностью

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ КОНТУРНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

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

Большинство методов определения числа переходов, подачи, глубины и скорости резания основывается на технико-экономическом анализе ограниченного числа параметров обработки, соответствующих экономической стойкости инструмента. Значения некоторых параметров, например глубины резания и числа переходов, принимают по нормативным или опытным данным. Указанные методы не в полной мере учитывают многовариантность решений и поэтому ограничивают возможности поиска наилучшего варианта.

Жесткость станка при резании определяют снятием с заготовки заданного неравномерного припуска и непосредственным измерением возникающей при этом переменной силы резания, а соответствующие взаимные перемещения инструмента и заготовки находят непосредственным измерением или измерением отклонения размера обработанной детали. Жесткость при резании можно определять и без специальной аппаратуры, так называемым производственным методом. Нагружение узлов станка производится силами, аналогичными по своему направлению силам, действующим на данный узел при эксплуатации станка. При испытании дается ряд нагрузок, возрастающих от нуля до максимума, и по ним строится зависимость  $y = f(P_y)$ . Затем производят нагрузку и строят соответствующую разгрузочную кривую. Жесткостью называют способность системы или ее элемента сопротивляться деформации (изменению формы и размеров) под действием приложенной нагрузки.

Методы определения жесткости станков до настоящего времени сохранили эмпирический характер, так как многообразие факторов, влияющих на жесткость технологической системы, не позволяет при современном уровне знаний установить ее расчетным путем.

Статические и динамические характеристики станков одной модели изменяются в широких пределах. Условия и срок эксплуатации являются дополнительным фактором, который не всегда позволяет объективно предсказать требования к проектированию процесса резания на различных станках. Производственный метод определения жесткости станка не дает желаемого результата, т.к. следует применять заготовки и инструменты повышенной жесткости, исключая влияние их отжатия.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ДЕФЛЕКТОРА

Косолап Д.Н.  
(НКМЗ, г. Краматорск, Украина)

Устройства управления оптическим лучом в пространстве (сканеры, дефлекторы) применяются во многих областях техники: голографии, измерениях, в компьютерной технике и т.д. Чаще всего принцип их действия заключается в перемещении зеркала, отражающего световой луч. Для вращения зеркала применяют прецизионные приводы, а для придания зеркалу колебаний – магнитоэлектрические системы обычно представляющие собой зеркальную рамку с электрическим током, поворачивающуюся в магнитном поле.

Преимуществом таких систем, является высокое быстродействие и большой угол отклонения луча.

К недостаткам относятся: сложность конструкции, обусловленная необходимостью передачи тока к подвижной рамке и присутствие возвратной пружины, препятствующей вращению рамки.

В данной работе были исследованы динамические характеристики магнитного оптического дефлектора (МОД), не имеющего подвижных контактов и возвратной пружины.

МОД представляет собой ферромагнитный ротор  $I$ -образной формы с закрепленным на нем зеркалом, свободно вращающийся в магнитном поле электромагнитов, окружающих его. На обмотку одного из них подается постоянный электрический ток, на обмотку другого, диаметрально противоположного первому, и смещенного относительно первого – переменный. В результате ротор будет совершать угловые колебания. При совпадении частот переменного тока и собственных колебаний ротора происходит резонанс. Управляя токами электромагнитов, можно регулировать параметры и режимы сканирования.

Была исследована модель МОД и получены резонансные кривые (рис. 1) для различных параметров токов электромагнитов.

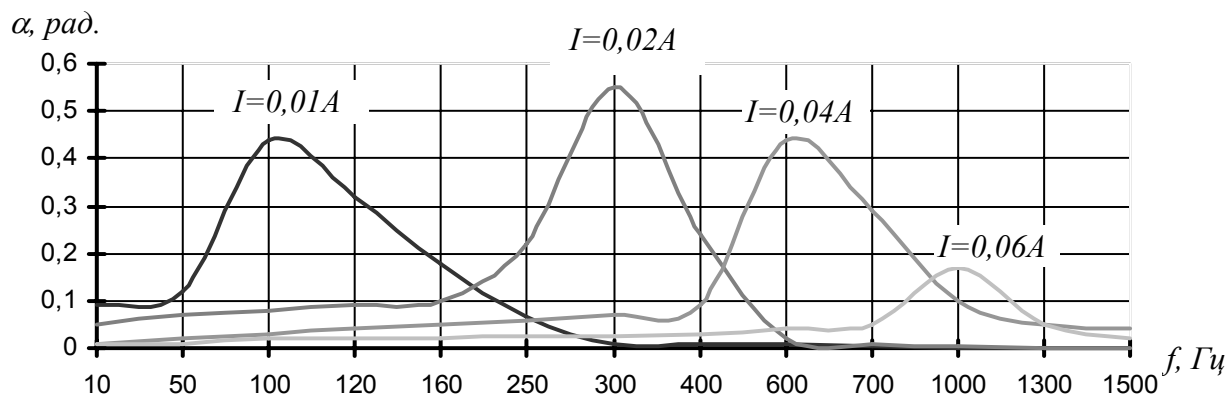


Рисунок 1 – Резонансные кривые МОД, где  $\alpha$  – угол отклонения ротора;  $I$  – значения постоянного тока;  $f$  – частота переменного тока



## **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ И ДВУХСТОРОННИХ ОТЛИВОК**

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

Предложен и исследован новый способ дифференцированного модифицирования чугуна в литейной форме разнородными по функциональному назначению модификаторами для изготовления двухслойных и двухсторонних отливок из износостойкого белого чугуна в одной части и мягкого ударостойкого высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в другой части.

Для получения дифференцированных свойств сплава в левой и правой локальных частях отливки исходный серый чугун пропускали через литниковую систему, разделенную на две ветви, в реакционную камеру одной из них загружали карбидостабилизирующий модификатор, а второй – сфероидизирующий модификатор. При оптимальных условиях литья после заливки литейной формы одна боковина отливки кристаллизуется из твердого износостойкого белого чугуна, а другая – из вязкого высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Аналогичный результат достигается при заливке формы белым чугуном через разветвленную литниковую систему с обработкой одной части расплава в реакционной камере сфероидизирующим модификатором.

При изготовлении двухслойных отливок нижнюю часть полости литейной формы вначале заливали исходным белым чугуном. После определенной временной выдержки для образования на зеркале залитой порции разделительной твердой поверхностной корочки, необходимой для предотвращения перемешивания расплава, форму доливали тем же чугуном через вторую независимую от первой литниковую систему, включающую реакционную камеру, заполненную сфероидизирующим модификатором. Возможен также вариант предварительной заливки серого чугуна с пропуском расплава через реакционную камеру литниковой системы с карбидостабилизирующим модификатором, с последующей доливкой тем же чугуном через вторую независимую от первой литниковую систему с реакционной камерой со сфероидизирующим модификатором. При оптимальных параметрах процесса нижняя часть отливки кристаллизуется из твердого износостойкого белого чугуна с твердостью 390...420 НВ, а верхняя – из модифицированного сравнительно мягкого пластичного ударостойкого феррито-перлитного высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, имеющего твердость 200...220 НВ.

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯЖЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ЛАНОК НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

Кривошея<sup>1</sup> А.В., Данильченко<sup>2</sup> Ю.М., Пастернак<sup>2</sup> С.І., Кривошея<sup>1</sup> В.В.  
(1 – ІНМ НАНУ, 2 – НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

*An estimation method of the coupling of toothed links on the stage of planning is developed. A transmission with the evolvent gears, inner gearing and longitudinal modification of pinion teeth is analyzed. A mathematical model of the tooth's evolvent surface is created by using of the matrices of coordinate transformation.*

Зубчасті передачі в багатьох випадках є обмежувальною ланкою в досягненні високих експлуатаційних показників машин. Через це постійно з'являються все нові і нові типи зубчатих зачеплень, ускладнюється форма зубчастих вінців елементів передач, зростають вимоги до їх робочих характеристик. Усі ці тенденції вимагають більш досконалих методів проектування і технології виготовлення зубчатих ланок.

Найчастіше перед конструкторами нових зубчастих ланок постають наступні завдання: встановити чи можливе спряження поверхонь зубів зубчастої пари, що розглядається, а також функціонування передачі без заклинювання; визначити тип контакту робочих поверхонь; визначити розміри і форму плями контакту.

На даний момент повний комплекс цих задач вирішується теоретико-експериментальним шляхом. Тому актуальною є розробка нових підходів до теоретичного одержання характеристик спряження без виготовлення експериментальних зразків зубчастих зачеплень і її реалізація на ПЕОМ, яка б дозволила значно знизити вартість проектних робіт.

Зважаючи на це, розроблено методику оцінки спряження зубчастих ланок на етапі проектування. Практично реалізовано цю методику було при аналізі евольвентної зубчастої передачі з внутрішнім зачепленням і з поздовжньою модифікацією (бочкоподібністю) зубів шестерні. При цьому було розроблено математичну модель робочої поверхні зуба, окремо для шестерні і для колеса, з використанням матриць перетворення координат та визначено в точках контакту нормалі, коефіцієнти першої і другої квадратичних форм і диференціальні характеристики поверхонь, на основі яких було проаналізовано умови спряження двох зубчастих ланок, а також надано рекомендації щодо величини поздовжньої модифікації зубів.

**Література.** 1 Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.  
2 Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

# КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗАДАНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ

Крижанівський В.Б.  
(ЖДТУ, Житомир, Україна)

*This paper presents an estimation of machining parameters to achieve a quality needed of surface roughness. For this aim radial basis function neural networks is used. Training and testing of created networks is performed using computer-aided simulation application.*

Обробка матеріалів лезовим інструментом здійснюється на сьогодні, в тому чи іншому вигляді, в надзвичайно широкому різноманітті технологічних процесів. В теперішній час можна говорити про потужний напрям науки та практики, який присвячений різним питанням взаємодії матеріалу та ріжучого інструменту. Однак, незважаючи на спільність за головною ознакою – знання поверхневого шару за допомогою ріжучого клину, кожний конкретний клас практичних задач розрізняється настільки специфічними особливостями в сенсі технологічної мети, домінування фізико-хімічних явищ, що породжує самостійні розділи та напрямки.

Відомо, що головними задачами виробництва є покращення якості виробів, підвищення продуктивності, зниження собівартості технологічного процесу. При цьому остаточний результат визначається також необхідністю формувати такий поверхневий шар деталі, який найкраще буде забезпечувати її експлуатаційні характеристики. Одним з перспективних видів лезової обробки поверхні є торцеве фрезерування. Отже, проектування фрез та визначення параметрів обробки повинно враховувати задані властивості поверхні, яка обробляється. Таким чином, формується змістовна постановка оберненої задачі, яка полягає у визначенні конструктивних параметрів фрез та режимів обробки, виходячи з властивостей оброблюваної поверхні. Дана робота має за мету дослідження формування поверхні з точки зору мікрогеометрії. Створена комп'ютерна модель безпосередньо відображає процес формування мікрогеометрії плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні. Модель враховує неперіодичні зміщення ріжучої крайки в зв'язку з неточністю рухів технологічної системи, дає можливість побудувати площу контакту поверхні, профіль шорсткості.

В результаті накопичується істотний масив пов'язаних між собою вхідних та вихідних даних, хоча закон, який їх пов'язує, невідомий. Специфіка отриманих даних робить необхідним використання відповідних підходів. В даній роботі для опису "чорної скрині", яка пов'язує геометричні показники якості (вхід) та параметри обробки (вихід), використано нейромережевий підхід.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДВИЖИТЕЛЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ НА УДЕЛЬНУЮ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Крупко В.Г., Бондаренко Т.Р., Белкина Е.Ю., Белкина М.Ю.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В настоящее время существует проблема повышения качества гусеничных движителей землеройных машин, работающих на открытых горных разработках. Для машин, выполняющих одинаковые функции, часто применяются механизмы, сильно отличающиеся друг от друга по конструктивным показателям. При проектировании гусеничных движителей необходимо оценить степень влияния конструктивных параметров на обобщенный показатель механизма.

Анализ показателей технического уровня гусеничных движителей экскаваторов проводился по нескольким наиболее важным показателям: удельной металлоемкости деталей зацепления; удельному сроку службы колес; удельному расходу запасных частей; запасу тягового усилия; удельной энергоемкости.

Удельная тяговая энергоемкость ( $E$ ) характеризует количество работы, которая затрачивается гусеничным движителем при перемещении массы экскаватора на определенное расстояние. Этот показатель характеризует технический уровень как гусеничного движителя в целом, так и гусеничного зацепления, обеспечивающего передачу тягового усилия на гусеничную цепь:

$$E = \frac{P_{c_i}}{M_{\text{э}} \cdot V_{\text{э}}},$$

где  $P_{c_i}$  – мощность двигателей механизма передвижения, кВт;

$V_{\text{э}}$  – скорость передвижения экскаватора, км/ч;

$M_{\text{э}}$  – масса экскаватора.

Исходные данные для анализа степени влияния мощности двигателей хода, массы и скорости передвижения на энергоемкость процесса передвижения взяты из характеристик гусеничных движителей отечественных и зарубежных экскаваторов (ЭКГ-3,2; ЭКГ-5; 190-В; Harnischfeger 1500; 151М).

Анализ показал, что показатель удельной тяговой энергоемкости имеет наибольшее влияние на обобщенный показатель качества движителя.

Получены зависимости энергоемкости процесса перемещения ( $E$ ) от мощности привода ( $P_{\text{э}}$ ), массы ( $M_{\text{э}}$ ) и скорости передвижения ( $M$ ) экскаваторов

$$E = 13,97P_{\text{э}} + 35,239; E = - 8,725M_{\text{э}} + 251,49; E = - 0,3373V_{\text{э}} + 1,7522.$$

В результате статистических исследований было выявлено, что при снижении скорости передвижения можно добиться уменьшения удельной энергоемкости до 20%, что в свою очередь связано с уменьшением сопротивлений в гусеничном движителе, уменьшением износа пары кулачок-гребень, гусеничных звеньев.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ЧИСТОВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ**

Кур'ята П.В.  
(ЖДТУ, м. Житомир, Україна)

В доповіді викладено методику та результати лабораторних та промислових досліджень теплоутворення та теплопереносу при різанні чавунів та загартованих сталей торцевими фрезами, оснащеними надтвердим матеріалом.

Дослідження температур в зоні різання при фрезеруванні плоских поверхонь корпусних деталей з чавуну СЧ21 та сталі 45 (54...56 НРС<sub>Е</sub>) торцевими фрезами з різцевими вставками, оснащеними ПНТМ гексаніт-Р та ельбор-Р, здійснювалось в лабораторних та виробничих умовах за допомогою опромінених кристалів карбїду кремнію (розмір – 0,1...0,3 мм), які встановлювались на передній та задніх поверхнях різцевих вставок, що виконували роль датчиків (Патент України № 78392 "Спосіб вимірювання температури металу в зоні різання, 15.03.07 р.). В околі вершини різальної кромки в підготовлені отвори (глибина – 0,2...0,4 мм) вмонтовувались опромінені кристали карбїду кремнію. Після обробки поверхонь ( $V = 6...15$  м/с,  $t = 0,025...0,050$  мм) використані опромінені кристали демонтувались і за допомогою дифрактометра ДРОН-2 знімались показники параметрів кристалічної решітки кристалу. Отримані значення кристалічної решітки були підставою для встановлення температур за допомогою температурних таблиць.

Аналогічні дослідження за допомогою термопрасок МС 520-7 (межа температур – 1070 °С) підтвердили рівнозначність результатів.

Паралельно для опису процесу теплоутворення та теплопереносу від рухомого джерела (фреза) виконувались розрахунки за допомогою спеціальної підпрограми в середовищі системи математичного забезпечення MATLAB. У всіх трьох випадках отримані адекватні квазістаціонарні розподіли температур у взаємозалежних системах: різцева вставка – стружка – деталь при обробці плоских поверхонь фрезами з ПНТМ.

## ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ЗВАРЮВАННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ СУДОКОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Лебедев Ю.М., Петренко В.А.  
(НУК ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна)

При виготовленні суднокорпусних конструкцій у сучасному суднобудуванні просліджується тенденція використання різноманітних способів зварювання, для яких дуже суттєво різняться геометрія шва та параметри режиму зварювання. Тому необхідно ретельно підходити до вибору способів зварювання і розрахунку їх режимів.

Метою роботи була розробка експертної системи для оптимізації, яка б дозволяла забезпечити розрахунок режимів зварювання, параметрів зварних швів, оцінку зварюваності сталі, значення зварювальних деформацій при обраних режимах та оцінити економічну ефективність технології.

На підставі цих залежностей був розроблений пакет програм "NUK-Welding v. 1.0.", який складається з наступних чотирьох розрахункових модулів: розрахунок режимів зварювання; розрахунок очікуваних структур ЗТВ і механічних властивостей ЗТВ та металу шва; розрахунок загальних зварювальних деформацій; розрахунок технологічної собівартості виготовлення конструкції.

Для перевірки ефективності використання системи було проведено розрахунок технології виготовлення бортової секції контейнеровозу зі сталі 09Г2 за двома варіантами: зварювання полотна і приварювання набору головного напрямку виконується автоматичним зварюванням під флюсом а інші елементи – ручним дуговим зварюванням; зварювання полотна і приварювання набору головного напрямку виконується автоматичним зварюванням в середовищі суміші  $Ar + CO_2$  а інші елементи – механізованим зварюванням в середовищі суміші  $Ar + CO_2$ .

Розрахунок режимів і технологічної собівартості процесів зварювання показав, що оптимальним буде виготовлення секції за другим варіантом. Для цього варіанту виготовлення характерно менше значення тепловкладення і технологічної собівартості (535 грн. проти 1115 грн.), і більші швидкості зварювання.

Розрахунок загальних деформацій показав, що при розрахованих режимах зварювання конструкції, значення деформацій конструкції не перевищують допустимих значень.

Проаналізувавши очікувану структуру та механічні характеристики ЗТВ зварних з'єднань можна зробити висновок, що при виготовленні обраної конструкції рекомендується використовувати зварювання під флюсом для випадку зварювання полотна, бо при цьому утворюється ферито-перлітна структура з твердістю близько 245 HV, при приварюванні набору головного напрямку в середовищі суміші газів  $Ar + CO_2$  – бейнітна з твердістю близько 300 HV, що забезпечує кращі умови експлуатації зварної конструкції.

# КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ ПЛОСКОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРАЦИЙ

Левченко Е.А.  
(ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)

Одним из перспективных направлений развития процессов металлообработки является разработка и внедрение качественно новых технологий, в том числе основанных на воздействии нескольких видов энергии или совмещении различных способов ее подвода.

Процесс вибрационного термофрикционного резания (ВТФР) металлов высокоскоростным дисковым инструментом основан на тепловом и механическом воздействии инструмента на снимаемый припуск.

Лабораторные исследования и анализ результатов производственного внедрения показывает, что резание с вибрациями зачастую приводит к повышению обрабатываемости металлов резанием, способствует уменьшению интенсивности износа инструмента из-за снижения действующих сил и улучшению показателей качества обработанной поверхности.

Проведенные исследования показали, что введение в зону резания колебаний ( $\xi = 6$  мкм) в диапазоне малых подач снижает высоту микронеровностей примерно в 1,3...1,5 раза. Дальнейшее увеличение амплитуды колебаний ( $\xi > 12$  мкм) сопровождается увеличением шероховатости. С увеличением скорости подачи эффективность ультразвука снижается, и при  $S = 250$  мм/мин высота микронеровностей при обычной термофрикционной обработке (ТФО) и ультразвуковой практически одинакова.

При ВТФР изменяется напряженное состояние в зоне резания, а знак остаточных напряжений поверхностного слоя определяется знаком напряженного состояния обрабатываемой поверхности в процессе резания.

Результаты исследований показали, что при ВТФР в поверхностном слое деталей возникают сжимающие остаточные напряжения. При  $\xi = 6$  мкм величина остаточных напряжений снижается в 1,4 раза по сравнению с обычным термофрикционным резанием, а при  $\xi = 12$  мкм наблюдается рост напряжений. Следует, однако, отметить, что указанная тенденция проявляется по-разному в зависимости от режимов резания и физико-механических свойств обрабатываемых материалов.

Изменяя скорости вращения диска и подачи заготовки, а, следовательно, силу резания и температуру в зоне стружкообразования, можно регулировать степень и глубину наклепа поверхностного слоя металла.

Рациональное применение вибраций при термофрикционном резании плоских поверхностей заготовок позволяет достичь улучшения эксплуатационных характеристик деталей, аналогично тому, как имеет место после выполнения специальных упрочняющих операций.

## **ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Лепя Н.Н., Поникарчук А.М.  
(НИЦИТ ИЭП НАН Украины, г. Донецк, Украина)

Одним из путей повышения конкурентоспособности предприятия является направление диверсификации производства, заключающееся в расширении номенклатуры выпускаемых изделий для проникновения в другие сегменты рынка с целью снижения различных видов риска – рыночного, инвестиционного, производственного и др. Необходимо отметить, что процесс диверсификации производства на предприятиях машиностроения включает в себя два направления: первое – это разработка и совершенствование профильной продукции; второе – разработка и выпуск новых видов продукции, не свойственных специализации данного предприятия.

Анализ функционирования предприятий показал, что в основном применяют связанную диверсификацию, то есть первое направление. Применение несвязанной диверсификации требует значительных инвестиций не только для разработки и внедрения новых видов изделий, но и для развития производственных мощностей, подготовки специалистов и освоения рынка.

Для предприятий сельскохозяйственного машиностроения разработан организационно-экономический механизм проведения диверсификации производства: подходы к реструктуризации и специализации производства, активизации инвестиционной деятельности, методические рекомендации по определению экономической эффективности диверсификации производства, что, в конечном счете, направлено на решение проблемы повышения конкурентоспособности предприятия на внутренних и внешних рынках. Так, за период 2000-2006 г.г. на ОАО "Ковельсельмаш" было освоено производство 14 видов различных прицепов, машин для транспортировки удобрений и другой сельскохозяйственной техники, что позволило предприятию завоевать лидирующие позиции на рынке в данной отрасли производства.

Проведенная реструктуризация позволила организовать специализированные хозрасчетные подразделения, что в условиях диверсификации производства дало возможность получения дополнительного эффекта за счет повышения эффективности производственной деятельности, увеличения загрузки производственных мощностей, оптимизации инвестиционной деятельности, что, в конечном счете, позволяет сохранять и наращивать объемы производства при неблагоприятной конъюнктуре на рынке выпускаемых видов продукции.



# ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ IDEFØ

Лепя Р.Н., Охтеня А.А.  
(ИЭП НАН Украины, г. Донецк, Украина)

*The work is devoted to grounding the use of IDEFØ instruments upon modeling industrial enterprises and to reviewing main practical implementations of such models.*

Управление промышленными предприятиями требует в современных условиях постоянной реализации мероприятий, направленных на совершенствование протекающих на предприятии бизнес-процессов, а также его системы управления. При этом для описания существующих и целевых состояний экономической системы целесообразно использовать соответствующие инструменты моделирования.

Один из самых эффективных подобных инструментов – стандарт IDEFØ, который является воплощением процессного подхода к управлению и позволяет строить модели протекающих на предприятии процессов в виде графических диаграмм, на которых изображены процессы, а также их входы, выходы, управляющие воздействия и механизмы. Каждый процесс посредством иерархической декомпозиции может быть разбит на ряд подпроцессов, что позволяет достичь детализации, требующейся согласно цели и точки зрения модели.

Построение модели в нотации IDEFØ состоит из следующих этапов: сбор информации об объекте, определение его границ; определение цели и точки зрения модели; построение, обобщение и декомпозиция диаграмм; критическая оценка, рецензирование и комментирование. Отметим, что, в зависимости от выбранной точки зрения модели, рассматриваемый стандарт может использоваться для моделирования как информационных, так и материальных потоков.

На практике создаваемые модели могут использоваться в следующих направлениях: как промежуточный этап создания информационной системы и системы электронного документооборота, как наглядное средство для обучения персонала, как способ выявления узких мест и проблемных ситуаций на предприятии, а также для планирования перехода от существующего состояния моделируемой системы к целевому.

Таким образом, инструментарий IDEFØ целесообразно использовать как для моделирования бизнес-процессов предприятия, так и для дальнейших работ по внедрению и сопровождению организационных изменений, информационных систем, мероприятий по совершенствованию бизнес-процессов и для прочих задач, для которых может применяться процессный подход к моделированию деятельности предприятия.

## **ПРИЧИНЫ И ОЧАГИ ЗАРОЖДЕНИЯ ТРЕЩИН В СВАРНЫХ КРАНОВЫХ МОСТАХ**

Лубенец С.В.  
(ДГМА г. Краматорск, Украина)

Влияние некоторых факторов на циклическую усталость сварных крановых мостов проявляется в основном при движении кранов, т.е. в процессе силового взаимодействия с подкрановыми эстакадами. Усталостные трещины, как правило, образуются в местах, которые при стандартных методиках расчета на прочность имеют низкий уровень напряжений. Необходимо отметить, что усталостные повреждения концевых балок и мест сопряжения главных балок с концевыми, свидетельствуют о низкой циклической усталости этих мест и показывают, что причины (и очаги) зарождения трещин в большинстве случаев можно объяснить влиянием конструктивно-технологических факторов.

Рациональное конструктивное оформление сварных узлов позволяет равномерно распределить силовой поток по сечениям элементов, т.е. устранить или снизить влияние на прочность концентраторов, а также остаточных напряжений и термического воздействия сварочной дуги, чем повысить их сопротивляемость образованию хрупких и усталостных трещин.

Появлению трещин способствует также снижение пластичности стали вследствие деформационного старения, т.е. одновременного воздействия на ее свойства старения и пластических (термопластических) деформаций. Старение – снижение пластичности стали, вызываемое распадом остаточного аустенита, которое при обычных температурах может длиться годами, а при 100...500 °С – в течение минут. Пластические деформации при изготовлении конструкций вызываются гибкой, правкой, вальцовкой, резкой.

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕЖИМНОГО РЕСУРСА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ В АППАРАТУРЕ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ

Лукьянов И.А., Таровик Н.Г.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Совершенствование приборов встроенного контроля, применяемых на грузоподъемных кранах, открывает новые возможности для повышения безопасности эксплуатации данной техники [1]. На отечественном рынке сегодня известны такие модели аппаратуры регистрации параметров как ПЗК-10, ПРИЗ-1, ОНК-140, РП-СК1, ОГМ и др.

В качестве исходных данных для прогнозирования используем записи регистрирующего прибора о количестве  $z_i$  разных по массе  $q_i$  грузов, поднятых за время эксплуатации крана  $t_i$ . Количественную оценку наработки крана выполняем с помощью характеристического числа

$$N_t = \sum_{i=0}^{m-1} q_i^3 z_{t,i}. \quad (1)$$

Математическая модель прогнозирования по средневзвешенной наработке является адаптивной, т.е. способной улучшать качество прогноза по мере накопления информации об объекте прогнозирования.

Остаточный режимный ресурс (прогноз) в годах определяем по формуле:

$$\Delta T_{0t} = \frac{(N_0 - N_t) \cdot T_t}{\sum_{t=1} \Delta N_t \cdot \Delta T_t},$$

где  $N_0$  – расчетное значение характеристического числа, соответствующее паспортной режимной группе крана  $K_0$ ;  $N_t$  – текущее значение характеристического числа, рассчитанное по формуле (1).

Тестирование данной методики на обучающих последовательностях, полученных с помощью метода Монте-Карло, показало высокую адаптивную способность и низкую, в сравнении с другими методиками, ошибку прогнозирования. Простая математическая модель дает предпочтение данной методике для использования во встроенной аппаратуре регистрации параметров кранов.

В результате разработан адаптивный метод прогнозирования остаточного режимного ресурса грузоподъемного крана с использованием аппаратуры регистрации параметров.

## Литература.

1. Алгоритм оценки выработки грузоподъемным краном нормативного срока службы (В.С. Котельников, А.А. Зарецкий, С.С. Самойлов, и др.), Безопасность труда в промышленности. №8, 1998.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Макаркина А.В., Кутепов Н.Л., Таган А.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Повышение эффективности машиностроительного производства обуславливает необходимость совершенствования управления как основными, так и вспомогательными процессами, в том числе процессом обслуживания оборудования. С точки зрения кибернетики, парк оборудования может рассматриваться как система, для которой количество работающих в данный момент станков является случайной величиной. Эта случайность обусловлена вероятностным характером отказов элементов системы (станков) и продолжительности их ремонта, отсюда управление процессом обслуживания парка оборудования как сложной стохастической системой должно основываться на специальных методах исследования ее поведения.

Среди методов прикладного системного анализа имитационное моделирование (ИМ) является одним из наиболее эффективных методов исследования сложных систем. Сущность метода состоит в представлении процесса функционирования сложной системы в виде определенного алгоритма, который реализуется на компьютере. Это позволяет, не обращаясь к дорогому, а зачастую и сложно осуществляемому эксперименту с реальными экономическими объектами, "проигрывать" на имитационной модели разные управленческие стратегии и анализировать их результаты.

В данном случае методика ИМ реализована для оптимизации процесса обслуживания парка оборудования редукторного цеха ЗАО "НКМЗ". Разработанная средствами языка GPSS–World имитационная модель позволила установить связь между входными и выходными параметрами процесса, то есть выявить зависимость коэффициента использования оборудования от определенной комбинации "число ремонтников – число резервных станков" на основании эмпирических законов распределения моментов поступления требований на обслуживание и длительности их выполнения.

Поиск наиболее эффективного варианта организации работы и обслуживания оборудования цеха осуществлялся по критерию минимизации затрат на его обслуживание. В результате была найдена оптимальная комбинация "число ремонтников – число резервных станков". Использование представленной модели позволяет существенно повысить производительность станочного парка производственных подразделений с крупносерийным и массовым типом производства вследствие значительного сокращения неплановых простоев оборудования с учетом изменений в производственной программе предприятия.

## **РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ДАВИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ**

Маковецкий А.В., Чередниченко В.И.  
(ДГМА, ОАО "КЗТС", г. Краматорск, Украина)

Современные технологические процессы получения деталей с минимумом механообработки часто основываются на ротационном деформировании полуфабрикатов в том числе и проката как из пластичных так труднодеформируемых материалов.

Существуют целые группы оборудования, предназначенные для давящих работ, преимущественно как из листового и трубного проката, так и из круглых профилей, а в последнее время известны разработки, в которых предложены приемы деформирования как литых, так и сварных изделий.

При этом используется оборудование, преимущественно специализированное, для получения в крупносерийном производстве баллонов, заготовок роликов ленточных конвейеров, цапф, а также ряда других им подобных изделий.

Известен ряд станков для получения изделий из проката, выпускаемых ОАО "КЗТС" и Рязанским заводом.

Однако на международном рынке активно реализуют давящее оборудование фирмы, которые не являются разработчиками ни технологий, ни оборудования. Это вызывает определенную озабоченность у разработчиков технологии и оборудования.

Отсюда следует, что рынок требует новых высококачественных и производительных продуктов, превышающих по своим показателям продукцию конкурентов.

Повышение производительности оборудования достигается как за счет новых технических решений, в частности использования роторных обкатных машин горячей обкатки, предложенных В.Г. Капоровичем, так и за счет уменьшения технологического времени процесса, что может быть достигнуто путем изменения характера деформирования изделий в целом.

Проведенные исследования, позволили на основе учета особенностей деформирования проката как индентором, так и давящим инструментом, предложить ряд конструкций инструмента, позволяющих не только повысить производительность процесса, а также повысить его универсальность и стойкость самого инструмента.

Другим путем повышения производительности является изменение организационных принципов производственных участков ротационной обработки. В частности использование ротационно-спирального расположения оборудования, предложенного и исследованного в ряде работ авторами.

Основными направлениями развития малоотходных технологий получения изделий на основе ротационных процессов деформирования полуфабрикатов являются исследование механики деформирования полуфабрикатов, развитие новых схем высокопроизводительного оборудования и совершенствование организационных принципов участков давящей обработки.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ТИПА "БАЛКА" ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ВТ**

Маковецкий А.В.

(НАУ им. Н.Е.Жуковского "ХАИ", г. Харьков, Украина)

В авиастроении используется большая группа разнообразных изделий сложной формы из титановых сплавов, в том числе типа ВТ. К ним можно отнести изделия типа балок.

Необходимо отметить, что задача получения изделий с вертикально расположенным оребрением, П-образными выступами, из труднодеформируемых титановых сплавов представляет собой материало- и энергоемкий процесс. Тяжелые условия деформирования ряда этих сплавов требует завышенного расхода энергии, а сложная форма приводит к необходимости увеличивать припуски под последующую механообработку из-за возможного образования дефектов, таких как недоштаповка, складки, трещины, устраняемых лишь механически.

С целью обеспечения эффективного ресурсосбережения, актуальной проблемой в настоящее время, предлагается ряд теоретических и технических решений.

Известен ряд разработок и решений в этом направлении, но в них рассмотрены изделия иной формы из труднодеформируемых сплавов других марок.

Для усовершенствования технологии получения заготовок изделий типа балок методом горячей штамповки, использовано модифицированное решение задачи напряженно-деформированного состояния при горячей открытой штамповке методом Треффца. Выполнено решение, позволяющее установить зависимость и влияние на относительные нормальные, и контактные напряжения геометрических параметров штампуемой поковки и штампа.

На основании решения теоретической задачи предложен технический прием штамповки в ручьях с дополнительными элементами формы, который ведет к повышению качества заготовки, к снижению затрат на материал штамповки, снижению потребной энергии, а также уменьшению трудоемкости получения готового изделия.

В свою очередь выбор оптимальных режимов резания при фрезеровании, полученный при моделировании обработки данного изделия на фрезерном станке с ЧПУ с помощью средства САПР Gemma, дает возможность снизить энергоемкость получения изделия за счет оптимальных условий загрузки оборудования и оснастки.

Разработанная АРТ-программа дает возможность отследить весь процесс изготовления изделия на стадии механообработки (компиляция программы проведена в Gemma) а также получить управляющую Mach-программу для конкретного фрезерного центра с ЧПУ.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ШТАМПОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

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

В связи с совершенствованием технологий получения заготовок из титановых сплавов, актуальной является задача изготовления точных штамповок сложнопрофильной пространственной конструкции.

В особенности это касается заготовок типа панелей имеющих значительное разнотолщинное оребрение поверхности, а так же заготовок, геометрическая форма которых представляет плоские и ступенчатые изделия с расположенными на них как односторонними, так и двухсторонними выступами и ответвлениями сложной геометрической формы с изменяющимся поперечным сечением.

Такие заготовки можно изготавливать штамповкой, причем полуфабрикатом для штамповки является как откованный слиток, так и прокат.

При получении заготовок из проката имеется ряд ограничений. Типоразмеры необходимого проката ограничены. Для ряда сплавов титана нет соответствующего профиля проката. В свою очередь ковать прокат не очень эффективно.

При штамповке заготовки получают на молоте или ковочном прессе. Технологический процесс получения заготовок требует определенного усовершенствования.

Для производства сложных штамповок усовершенствование может быть осуществлено в направлении усложнения кованых поковок или штампованных. Т.е. либо предварительная полученная поковка имеет более сложную форму, либо простая форма поковки сопряжена с многопереходным процессом штамповки. Причем в ряде случаев это связано с наличием того или иного кузнечно-штамповочного оборудования. Однако при определенных ограничениях в наличии необходимого оборудования эффективное решение может быть найдено на пути усложнения штамповой оснастки.

При этом желателен более эффективный вариант усложнения процесса. Однако решение этой проблемы вызывает определенные трудности. Так как использование известных оптимизационных моделей может использоваться при определенном, а в ряде случаев неадекватном ситуации упрощении постановки задачи.

При ковке исходной заготовки существует множество трудностей накладывающих ограничения на ковку фасонной заготовки.

В случае штамповки заготовок, возможно, провести усовершенствование штампов, изменив гравюру подготовительных ручьев или спроектировать принципиально новый штамп.

Все это требует проведение отдельного комплекса теоретических исследований как с использованием имитационных расчетных, так и натуральных моделей и опытных образцов.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГПС

Малышко И.А., Киселева И.В.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Отличительной особенностью современного производства является широкая номенклатура и быстрая сменяемость объектов производства. В этих условиях наиболее перспективным является использование гибких производственных систем, построенных на базе станков с ЧПУ. Анализ производственной деятельности ведущих мировых фирм, который провела Организация объединенных наций, показал, что ГПС используются практически во всех видах производства от крупносерийного до мелкосерийного. Это связано с тем, что ГПС позволяют за несколько дней, или даже часов, перейти на выпуск новой продукции.

В связи с высокой стоимостью станкоминуты такого оборудования, актуальной является задача максимального повышения производительности технологической системы при сохранении качественных характеристик изделий.

В качестве основных направлений повышения производительности ГПС можно выделить следующие:

- оптимизация технологического процесса обработки;
- совершенствование конструкции и материала инструмента;
- максимальная автоматизация вспомогательных операций.

Особым направлением является усовершенствование технологии обработки деталей на ГПС. Традиционные технологии, которые использовались на универсальных или специальных станках, не всегда приемлемы в условиях гибкого производства. Жесткая последовательность операций препятствует более полной загрузке оборудования, а разнообразие технологических процессов не позволяет использовать поточную форму организации производства. При использовании ГПС наиболее целесообразным является применение методов групповой обработки.

Основной составной частью любой ГПС является металлорежущий станок, который кроме основных рабочих операций, связанных с изменением формы и размеров заготовки, должен выполнять вспомогательные операции, связанные с заменой заготовок и их креплением, заменой режущего инструмента, контролем его состояния, и состояния станка. От скорости выполнения этих операций в существенной степени зависит цикловая производительность оборудования.

Повышение уровня автоматизации ГПС предъявляет новые требования к системе инструментального обеспечения (СИО). В особенности это касается его надежности и сокращения времени,



затрачиваемого на подготовку инструментальных наладок. Существенное влияние на снижение производительности системы оказывает количество и длительность циклов смены инструмента.

Необходимость размещения в инструментальном магазине большого количества инструментов делает его громоздким, увеличивает стоимость и ведет к росту себестоимости продукции. Для уменьшения количества используемых инструментов иногда необходимы значительные изменения способов обработки деталей. Например, во время обработки отверстий диаметром более чем 50Н6 в редукторах необходимо выполнить до шести переходов со сменой инструментов. Если таких отверстий разных диаметров будет 3...4, то для их обработки в магазине должно быть не менее 18...24 инструментов, налаженных на соответствующий диаметр. Если такие переходы выполнять контурным фрезерованием, то количество инструментов уменьшится в 3...4 раза. Характерно, что потери производительности при этом не происходит.

Уменьшить количество инструментов возможно также за счет использования комбинированных инструментов. Раньше комбинированные осевые инструменты целесообразно было использовать лишь в условиях крупносерийного и массового производства. В условиях мелкосерийного и серийного производства эти инструменты почти не использовались. Сегодня комбинированные инструменты приобретают все большего использования даже в условиях мелкосерийного и серийного производства. Значительный экономический эффект от использования комбинированных инструментов возможно получить при их использовании на многоцелевых станках с одним или двумя рабочими шпинделями. Эффект достигается за счет сокращения времени на замену инструмента и сокращение основного времени.

СИО современных ГПС необходимо строить по модульному принципу. Модульный принцип построения инструментов позволяет использовать их в разных сочетаниях. Каждый инструментальный блок оснащается кодовыми датчиками, на которые с помощью специальных устройств записывается необходимая информация. Таким образом, в пределах всей системы инструмент является носителем информации о его характеристиках, структуре технологического процесса и прочее.

Структура СИО характеризуется, прежде всего, принятым способом замены инструментов. Способы замены инструментов динамично развиваются и совершенствуются. Их усовершенствования направлены на разработку оптимальной конструкции и емкости магазинов и устройств смены, и сокращение времени смены инструментов.

Таким образом, повышение производительности ГПС является комплексной задачей, которую необходимо решать для конкретных условий производства и данной номенклатуры деталей.

## **ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ С УЧЕТОМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СТАНДАРТОВ**

Мартынов А.П., Ковалев Д.Г.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В условиях рыночной экономики, развития международной торговли успех отдельных предприятий полностью зависит от того, насколько их продукция соответствует стандартам качества и взаимозаменяемости.

Анализ показал, что в последние годы реализация некоторых положений, непосредственно относящихся к проблеме конкурентоспособности, затрудняется появлением в Украине альтернативных НТД, гармонизированных со стандартами ГОСТ и ISO и по-разному трактующих существо вопроса (технические условия к геометрии изделия и подшипникам, шероховатость, допуски и посадки по системе ISO и пр.).

На основе анализа некоторых альтернативных стандартов можно, например, констатировать, что вместо отклонений цилиндричности шеек валов, которые представлены во всех справочных пособиях, следует нормировать и измерять отклонения круглости и профиля продольного сечения, если изготавливаются подшипниковые узлы в соответствии с ДСТУ ГОСТ 520:2003 или отклонения круглости, параллельности и прямолинейности образующей, если эти узлы изготавливаются в соответствии со стандартами ISO 1101, ISO 5459, ISO 8015.

Имеются отличия в нормировании шероховатости поверхностей (как по видам параметров так и по предпочтительности использования) – здесь сказалось техническое отставание отечественной контрольно-измерительной аппаратуры от переносных (в том числе и портативных) зарубежных измерительных средств, одинаково просто и точно измеряющих как все высотные так и другие регламентируемые стандартами параметры.

Принципиально отличаются действующие стандарты (ГОСТ и ISO), нормирующие неуказанные допуски размеров, формы и расположения.

При разработке чертежной и технологической документации, связанной с выбором необходимой точности поверхностей и шероховатости, обоснованием посадок с учетом технологических особенностей обработки, выбором контрольно-измерительных средств, расчетом размерных цепей и, в особенности, с обоснованным нормированием отклонений формы и расположения необходимо учитывать сложившееся состояние стандартизации, поскольку это в первую очередь формирует качественные показатели машиностроительных изделий и их конкурентоспособность.

## **РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Матвиенко В.Н., Степнов К.К., Заварика Н.Г., Матвиенко Я.В.  
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Рост эффективности применения процессов восстановления деталей металлургического оборудования путем электродуговой наплавки под флюсом невозможен без совершенствования существующих и создания новых типов соответствующего оборудования, в том числе наплавочных установок, на базе которых обеспечивают наиболее высокий уровень механизации и автоматизации наплавочных, а также вспомогательных работ.

Потребность в прокатных валках, испытываемая в последние годы на металлургических комбинатах, ставит задачу резкого увеличения объема наплавочных работ и повышения срока службы валков, что и послужило основанием для проведения соответствующих работ по разработке проекта установки для восстановления и упрочнения деталей металлургического оборудования наплавкой слоя износостойкого металла.

Отраслевой научно-исследовательской лабораторией (ОНИЛ) наплавки Приазовского государственного технического университета (ПГТУ) накоплен значительный опыт по восстановлению и упрочнению рабочего слоя крупных стальных прокатных валков и других деталей металлургического оборудования. Анализ и обобщение результатов этой работы позволили сформулировать основные требования к проектированию установок для наплавки, на основании которых разработан проект наплавочной установки.

В состав установки кроме электросварочного оборудования входят технические средства размещения и перемещения наплавочного аппарата и наплавляемой детали, аппаратура контроля и регулирования, флюсовая аппаратура и вспомогательное оборудование (устройства для нагрева наплавляемой детали, для удаления шлаковой корки, для стабилизации температурного режима и т.п.).

Разработанный проект установки обеспечивает возможность значительного повышения производительности труда за счет реализации новых технологических процессов. Создание наплавочных установок в условиях ОАО "ММК им. Ильича" позволило освоить износостойкую высококачественную наплавку ленточным электродом под керамическим легирующим флюсом валков прокатных станов и других деталей металлургического оборудования.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ДОМИНИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ НА ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ**

Мельник М.С.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для построения максимально эффективных САУ точностью, следует найти минимальную группу параметров технологической системы, адаптивное управление которыми позволило бы достичь требуемой точности обработки при минимальной сложности и затратах. В данной работе были проведены исследования степени влияния различных параметров технологической системы на точность обработки при точении на тяжелых токарных станках.

Определение механизма влияния перечисленных факторов на точность формы и размеров обработанного изделия вытекает из задач, решаемых формообразующей системой и не требует специальных исследований. В общем случае механизм образования погрешностей обработки можно сформулировать так: величина погрешности определенного вида является проекцией на направление рассматриваемого размера векторной суммы взаимных перемещений инструмента и заготовки, вызванных всей совокупностью действующих факторов.

$$\delta_k = \sum \Delta_i \cdot \cos \alpha_{ik}$$

Боле сложной задачей оказывается количественная оценка доли влияния каждого фактора в общем значении погрешности определенного вида, то есть величин, описываемых выражением:

$$\rho_{ik} = \frac{\Delta_i \cdot \cos \alpha_{ik}}{\delta_k} \cdot 100\%$$

Если проанализировать приведенный выше перечень факторов, вызывающих появление погрешностей обработки, то можно заметить, что перемещения практически от всех факторов являются контролируемыми в условиях активного эксперимента, то есть могут быть измерены в искусственно созданных условиях. Следовательно, их можно оценить экспериментально для различных фиксированных условий. Кроме того, некоторые из них являются прогнозируемыми и могут быть рассчитаны с высокой точностью для определенных условий.

Исследования температурного поля станка проводилось на тяжелом токарном станке модели 1А660Ф3 во время обработки шпинделя такого же станка. Измерения температуры проводились с помощью бесконтактного инфракрасного термометра с разрешением 0,1 °С в нескольких точках поверхностей несущих деталей станка. Расчет тепловых деформаций по полученному температурному полю производился методом конечных элементов в программном пакете COSMOS Works.

## **ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ СКЛАДАННЯ КАЛЬКУЛЯЦІЇ ПРОДУКЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Мельников О.Ю., Самохін Є.Ю.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним з основних показників роботи підприємства є собівартість продукції. Розрахунок собівартості виробленої продукції здійснюють різними методами. Вибір методу залежить від типу виробництва, його складності, наявності незавершеного виробництва, тривалості виробничого циклу, номенклатури продукції, що виробляється. На промислових підприємствах застосовують різні методи обліку витрат і калькуляції фактичної собівартості продукції. Незалежно від виду калькуляції і виду методу розрахунок може здійснюватися різними способами:

- за допомогою калькулятора;
- з використанням стандартних офісних пакетів (Microsoft Excel);
- за допомогою спеціалізованих інформаційних систем;
- за допомогою інформаційної системи, розробленої для конкретного підприємства співробітниками відповідної служби.

Якщо не розглядати перший випадок як не відповідний духу часу, то найбільше поширення набули т.з. "мала інформатизація" (використовування MS-Excel) і спеціалізовані пакети (як правило, компанії "1С"). Проте такий підхід виправдовує себе у випадках малих підприємств. На великих промислових підприємствах розрахунок в офісних пакетах не може охопити всі нюанси виробництва, а установка повнофункціональної мережевої версії системи "1С:Підприємство", крім невиправдано високих коштів на придбання, зажадає додаткове навчання співробітників і постійного оновлення. За доцільне можна вважати проектування і комп'ютерну реалізацію інформаційної системи силами співробітниками відповідних підрозділів. Через достатню складність проекрованої системи необхідно застосувати об'єктно-орієнтований підхід. Інформаційна система у такому разі буде сукупністю взаємозв'язаних об'єктів, де кожен об'єкт є екземпляром певного класу, а класи утворюють ієрархію спадкоємства.

Розробка системи проводиться в три етапи. Перший включає вивчення економічної суті собівартості продукції взагалі і на конкретному підприємстві – зокрема. На другому створюється інформаційна модель проекрованої системи, для чого використовується уніфікована мова моделювання UML. Завершальний етап розробки є комп'ютерною реалізацією створеної моделі. Це доцільно зробити у середовищі візуального програмування Borland-Delphi, в основі якої лежить об'єктно-орієнтована мова програмування Object-Pascal.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ РЕЗЦОВ

Мироненко Е.В., Васильева Л.В., Гах В.М.  
(ДГМА, г.Краматорск, Украина)

Выбор типа конструкции инструмента, его параметров, режимов резания должен быть количественно обоснован с учетом многих факторов, причем принимаемые решения должны быть оптимальными. Такой выбор может осуществляться только с учетом системного подхода к многокритериальной оптимизации параметров всей технологической системы, что делает возможным повышение производительности механической обработки и сокращения расхода твердого сплава.

В качестве объекта для исследований были выбраны сборный инструмент и режимы резания, применяемые при черновом и получистовом точении на токарных станках с  $D_c=800..1000$  мм. Диапазон условий обработки на этих станках велик, а условия работы как режущего инструмента, так и оператора являются напряженными. Основными исходными данными для оптимизации некоторых параметров резцов и режимов резания служат результаты производственных исследований. Для исследований были взяты 7 различных конструкций: резец с напаянной твердосплавной пластиной 2100-0833 ГОСТ 18878-73 (конструкция №1) и 6 сборных резцов с СМП – конструкция №2 (а.с. №994133); конструкция №3 (а.с. №1144784); конструкция №4 (а.с. №1201064); конструкция №5 (а.с. №1201064 и №1000100); конструкция №6 (а.с. №1232384); конструкция №7 (с СМП, с креплением пластины прижимом, с боковыми выемками).

Полученные в результате проведенных экспериментов данные обрабатывались в системе STATISTICA. Были проведены общий статистический анализ результатов и анализ соотношения количества изношенных резцов и тех, что отказали вследствие поломки.

Проведенные исследования и анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1 При исследовании зависимости доли поломок от рассматриваемых элементов режима резания было показано, что эта зависимость существует и она существенна. Полученные модели адекватны по критерию Фишера и могут быть использованы при многокритериальной оптимизации.

2 Для дальнейшей работы по оптимизации и выбору конструкций резцов для различных производственных ситуаций были рекомендованы резцы конструкций 2,3 и 7. Эти варианты могут быть использованы, как представители типов базовых конструкций.

# ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ СТАЛЕЙ РЕЗЦАМИ С ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ РЕЖУЩИМИ ПЛАСТИНАМИ, ПОДВЕРГНУТЫМИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКЕ

Мироненко Е.В., Калиниченко В.В.  
(ДГМА, Краматорск, Украина)

Перспективным направлением снижения интенсивности изнашивания резцов с твердосплавными пластинами при чистовом точении сталей является применение современных упрочняющих технологий. При этом в результате предварительного упрочняющего энергетического воздействия (УЭВ) формируется резерв повышенной микротвердости  $H_\mu$  поверхностного слоя твердого сплава, величина которого равна  $\Delta H_{\mu_{упр}} = H_{\mu_{упр}} - H_{\mu_0}$ , где  $H_{\mu_{упр}}$  – значение  $H_\mu$  после УЭВ,  $H_{\mu_0}$  – значение  $H_\mu$  в исходном состоянии.

Важной задачей обеспечения рациональной эксплуатации резцов с твердосплавными пластинами, подвергнутыми упрочняющей обработке, является разработка моделей для научно обоснованного определения режимов резания, обеспечивающих минимум интенсивности изнашивания инструмента.

Интенсивность изнашивания резцов стремится к минимуму при снижении прочности  $\tau_{mn}$  адгезионных связей на срез при наличии пластических деформаций на контакте и повышении  $H_\mu$ . Повышение  $H_\mu$  достигается предварительным УЭВ. Рост температуры резания  $\Theta$  снижает  $\tau_{mn}$ , но вместе с тем – уменьшает резерв  $\Delta H_{\mu_{упр}}$  на величину  $\Delta H_{\mu_Q}$ . Зависимость  $\tau_{mn} = f(\Theta)$  можно представить как  $\tau_{mn} = \tau_0 + \beta_{хар} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}$  (при  $V \leq V_0$ ) и  $\tau_{mn} = \tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}$  (при  $V > V_0$ ), где  $\tau_0$  – прочность на срез адгезионных связей при отсутствии нормальных напряжений на контакте;  $\beta_{хар} = const$  – коэффициент упрочнения адгезионных связей при характерной температуре резания;  $A_r > 1$ ;  $a_r > 0$ ;  $D = A \cdot A_r$ ,  $C = B \cdot a_r$ ;  $A > 1$ ;  $B > 0$ ;  $V$  – скорость резания;  $V_0$  – оптимальное значение  $V$ , соответствующее минимуму интенсивности изнашивания резца. Зависимость  $H_\mu = f(\Theta)$  представим как  $H_\mu = H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}$ , где  $a_{H_\mu} > 0$ ;  $K_{H_\mu}$  – коэффициент повышения  $H_\mu$  после УЭВ. Превалирование снижающего влияния  $\Theta$  на  $\tau_{mn}$  над снижающим влиянием  $\Theta$  на  $H_\mu$  при  $V \leq V_0$  достигается при  $a_r > a_{H_\mu}$ .

Согласно вышеуказанному, в качестве принципов разработки моделей для определения режимов резания, обеспечивающих минимум интенсивности изнашивания резцов с твердосплавными пластинами, подвергнутыми УЭВ, рекомендуется выделить неравенства  $\Delta H_{\mu_{упр}} - \Delta H_{\mu_Q} > 0$  и  $a_r > a_{H_\mu}$ .

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РЕЗАНИЯ ПРИ СНЯТИИ БОЛЬШИХ СЕЧЕНИЙ СРЕЗА**

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

Вопросам управления процессом резания посвящается значительное число публикаций. Подавляющее большинство способов управления основаны на научных положениях процесса резания, разработанных А.М. Розенбергом, Н.Н. Зоревым, Г.И. Грановским, В.Н. Талантовым, В.Н. Подураевым и др. учеными. Значительно расширились представления о процессе стружкообразования, базирующиеся на современных достижениях физики процесса резания. Несмотря на положительные результаты многочисленных исследований, до настоящего времени в неполной мере реализованы способы управления процессом резания при снятии больших сечений среза на тяжелых станках. До сих пор режимы резания, обеспечивающие устойчивое дробление стружки и высокую износостойкость инструмента, определяли исключительно экспериментальным способом, основанным на эмпирических принципах "черного ящика".

Создание таких данных требует значительных материальных и энергетических затрат. Другой аспект этой проблемы – это надежность всей технологической системы при обработке на тяжелых станках с ЧПУ в программном режиме. Повышение технологической надежности этих станков обеспечивается за счет снижения уровня режимов резания, что приводит к снижению вероятности отказов.

Обобщая исследования, проведенные авторами, при точении на тяжелых станках сборными резцами с механическим креплением как специальных пластин с уступом, так и многогранных с износостойкими покрытиями предлагается оптимизацию режимов резания проводить с учетом процесса стружкодробления и распределения тепловых потоков в системе стружка – резец – деталь.

Т.к. зона стружкообразования является открытой многокомпонентной системой, способной обмениваться энергией с другими элементами системы резания, то любые изменения внешних воздействий (например, геометрических параметров режущего лезвия) будут влиять на формирование процессов в зоне стружкообразования.

На основании изучения температурно-деформационных закономерностей пластического деформирования при снятии больших сечений среза были получены модели, позволяющие прогнозировать оптимальные режимы резания, а, следовательно, управлять процессом резания.

Проведенные исследования также показали, что температура, возникающая на передней поверхности режущего лезвия, наряду с температурой элементов крепления пластины ограничивает режимы резания, допускаемые износостойкостью режущей части и элементов крепления пластины.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

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

В настоящее время в условиях рыночной экономики значительная роль отводится машиностроению. При этом важное значение имеет повышение эксплуатационных свойств режущего инструмента, путем нанесения износостойких покрытий и применения различных методов упрочнения.

В данной работе проводились исследования физико-механических свойств режущих инструментов с износостойкими покрытиями нанесенными методом КИБ, а также с комбинированной технологией упрочнения (метод КИБ + ионная имплантация). Были исследованы микротвердость образцов, физико-химический состав поверхностных слоев методом ОЖЕ–спектроскопии, а также определение остаточных напряжений с помощью метода акустической эмиссии (АЭ). Методика определения остаточных напряжений, заключается в том, что сравнивается интенсивность излучения и количество импульсов АЭ образцов эталонов с известным значением уровня остаточных напряжений и характеристик АЭ исследуемых образцов, после чего производится их перерасчет.

В результате проведенных исследований было установлено, что имплантация ионов  $N^+$ ,  $H^+$  в износостойкое покрытие уменьшает суммарные растягивающие остаточные напряжения, а в некоторых случаях приводит к созданию сжимающих напряжений, благодаря чему повышается усталостная прочность режущего инструмента. Проведенные лабораторное исследование показало, что при черновой обработке стали 12Х18Н10Т резцами с пластинами МС 3210 с последующей полной имплантацией ионов  $N^+$  стойкость увеличилась в 1,43 раза, снижается коэффициент вариации суммарной стойкости, снижается доля выкрашеваний в структуре отказов, повышается стабильность работы инструмента, при черновом точении стали 90ХФ снижается доля крупных поломок и выкрашиваний до 10%, стойкость увеличивается в 1,6 раза.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что применение данного метода определения остаточных напряжений в поверхностных слоях инструмента, позволяет определить оптимальные режимы упрочнения и разработать новые методы упрочняющей обработки без применения длительных стойкостных испытаний.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СВОБОДНОЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ В ВИБРИРУЮЩИХ РЕЗЕРВУАРАХ

Мищык В.Я.

(ВНУ им. В.Даля, Луганск, Украина)

Первостепенное значение в формировании микрорельефа поверхности при обработке деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах играют оптимальные решения в выборе рабочей среды с позиций учета массы, размера и формы ее гранулы, вида их абразивного материала, формы размера его зерен, вида связующего компонента гранул, его твердости и пористости.

При циркуляции гранул и деталей в вибрирующем резервуаре, когда гранулой наносится прямой удар по обрабатываемой поверхности, сила удара пропорциональна массе гранулы. Увеличение массы гранулы, наряду с увеличением съема металла, ухудшает качество обработки. Таким образом, для грубых очистных операций с большим съемом металла и высокой шероховатостью поверхности ( $Ra = 2,5...1,25$  мкм) используется среда с большой массой гранулы, для отделочных операций, где съем металла невелик, шероховатость поверхности  $Ra = 0,32...0,16$  мкм, используются среды с малой массой гранулы.

Размеры гранул взаимосвязаны с их массой. Поэтому в общем случае рекомендации по их выбору аналогичны предыдущим. Однако, нередко размеры гранул среды выбирают меньшими или большими, чтобы обеспечить их доступ к закрытым поверхностям.

Форма гранул среды влияния на достигаемую шероховатость обрабатываемой поверхности не оказывает, но при затрудненном доступе гранул к обрабатываемым поверхностям необходим ее рациональный выбор, для обеспечения требуемого качества виброобработки.

Размер абразивного зерна материала гранулы отражается на шероховатости обрабатываемой поверхности. При использовании крупнозернистого материала внедрение зерна в металл детали происходит на большую глубину, снимается крупная стружка и формируется микронеровности поверхности большой высоты. При мелкозернистом материале гранул количество контактов ее абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью возрастает, что способствует снятию мелкой стружки и уменьшению высоты микронеровностей поверхностей.

Твердость гранул оказывает влияние на состояние микрорельефа поверхности. При виброобработке объем среды превышает объем обрабатываемых деталей. Гранулы соударяются друг с другом чаще, чем с деталями, что вызывает выкрашивание абразивных зерен из их связки, которые, попадая между гранулой и обрабатываемой поверхностью детали, оставляют на ней глубокие отпечатки и вмятины.

## **РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

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

Важнейшей проблемой современного машиностроительного производства является обеспечение конкурентоспособности продукции. Одним из путей ее решения является структуризация типовых технологических процессов, позволяющих повысить их эффективность.

Методология структуризации проектирования производственных процессов основывается на закономерностях возникновения и развития потребностей, стадийного развития техники, эволюции технических систем, соответствия между функциями и структурой технических систем. Теория последовательного принятия решений в процессе проектирования и оптимизации производственных процессов в машиностроительном производстве в общем виде может быть представлена шестью основными этапами.

К первому этапу относится выбор и обоснование объекта, цели и задач исследования. Ко второму – выбор и обоснование оптимальных критериев качества оптимизируемой технологической системы. К третьему – выбор наиболее рациональной функциональной структуры, описывающей оптимизируемую технологическую систему. К четвертому – выбор наиболее эффективного принципа действия для реализации функциональной структуры, обоснование выбора метода оптимизации. К пятому этапу – выбор наилучшего технического решения, реализующего принцип действия, обоснование программного аппарата исследования. Шестой этап – определение оптимальных параметров выбранного технического (технологического) решения.

На каждом этапе для выбора решения целесообразно использовать автоматизацию поискового проектирования и конструирования, банки технологических знаний и банки данных. Эффективность решения задач возрастает от 6-го к 1-му уровням.

Для эффективного использования предложенного подхода на предприятии следует сформировать нормативные характеристики организации труда станочника для разных уровней напряженности труда и различных условий работы, включая в том числе работу на малых, средних, тяжелых станках, а так же сформировать нормативные характеристики определяющие уровни мотивации труда (коэффициент премирования за качество, премирование за исполнение работы в срок, экономии различных видов ресурсов и т.д.).

Таким образом, главным отличием применяемой методологии является системно-методическая основа разработки и создания конкурентоспособных изделий тяжелого машиностроения.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДВОДА СОЖ В ЗОНУ РЕЗАНИЯ ПРИ ОТРЕЗКЕ

Музыкант Я.А., Гузенко В.С., Ковалев Д.Г.  
(ВНИИ Инструмент, г. Москва, Россия, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Нагрев при работе отрезных резцов настолько интенсивен, что СОЖ попадая в зону контакта практически полностью испаряется, не достигнув режущей кромки. Повышение давления при подаче СОЖ не дает практически никакого результата, и как следствие отвод тепла практически не осуществляется.

Создан комплекс конструкций "режущая пластина – державка – оснастка – станок", в котором СОЖ подается через канал в самой режущей пластине; при этом СОЖ попадает непосредственно на переднюю поверхность инструмента вблизи режущей кромки и направляется к нижней поверхности стружки (рис. 1), что способствует значительному улучшению теплоотвода, уменьшению интенсивности изнашивания рабочих поверхностей пластины и благоприятно влияет на форму стружки. Такая система (типа JET-CUT или "Канал-Стружка" далее ("КС")) разработана фирмой ISCAR (Израиль) и с частичным апробированием ООО ИНАТЕК+ и ВНИИ Инструмент

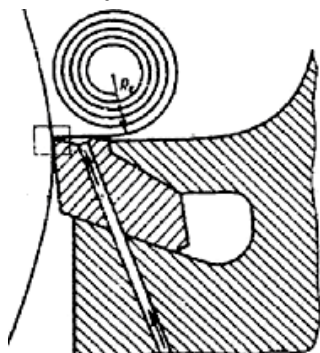


Рисунок 1 – Схема подвода СОЖ при отрезании способом "Канал-Стружка"

Обработка коррозионно-стойких сталей и жаропрочных сплавов (типа Инконель 718) сопровождается интенсивным наростообразованием, что резко снижает стойкость и работоспособность инструмента. Так, при точении стали SAE-316 с поливом СОЖ сверху значение  $V_b=0,23$  мм достигается уже после обработки 5-6 канавок. В случае использования способа "КС" при  $P = 1,0$  МПа стойкость удваивается, а при  $P = 1,6$  МПа возрастает до 4 раз.

При отрезании заготовок от прутка  $d = 50$  мм из коррозионно-стойкой стали полив СОЖ сверху позволил выполнить только 10 резов. При использовании способа "КС" без изменения режима резания ( $v = 150$  м/мин;  $s = 0,125$  мм/об) удалось увеличить стойкость инструмента в 2,5 раза. Близкие к этому результаты получены при точении сплава Инконель 718; стойкость резцов, охлаждаемых способом "КС", была в 4 раза больше, чем при охлаждении поливом.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ УДАЛЕНИЯ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПАЗОВ

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

Эффективным вариантом устранения ограничения производительности фрезерования закрытых профильных пазов по фактору наличия отделенной стружки в зоне обработки является ее принудительное удаление при помощи устройств, использующих гидродинамический потенциал напорных струй СОТС. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили целесообразность применения таких устройств – их использование позволяет повысить производительность обработки пазов на величину до 2 раз. В тоже время, оценка экономической эффективности использования устройств принудительного удаления стружки (УПУС), по нашим данным, ранее не выполнялась.

Оценка экономической эффективности применения УПУС выполнена на основе общепринятой методики определения экономической эффективности использования новой техники.

В соответствии с данными "Держзовнішінформ", производственные мощности Украины ориентированы на выпуск 50 тыс. единиц станочного оборудования в год. В настоящее время в Украине такого оборудования производится примерно в 5 раз меньше указанного, то есть 10 тыс. единиц. Средняя длина обработки закрытых профильных пазов, приходящаяся на единицу оборудования, составляет 5 м. Тогда, в настоящее время, длина обработки закрытых профильных пазов в Украине составляет около 50 000 м (50 км) в год.

При выполнении оценки экономической эффективности сравниваются два варианта – базовый (без инновации – без применения УПУС) и вариант с инновацией (с применением УПУС).

Исходные данные, принятые для сравнения этих двух вариантов:

а) фрезерование Т-образного паза 12 (диаметр фрезы 21 мм) для базового варианта при минутной подаче  $S_{мин} = 104$  мм/мин, стойкость инструмента  $T_{мин} = 60$  мин (рекомендации ГОСТ "Фрезы для обработки Т-образных пазов»);

б) фрезерование Т-образного паза 12 (диаметр фрезы 21 мм) для варианта с инновацией при  $S_{мин} = 200$  мм/мин, стойкость инструмента  $T_{мин} = 30$  мин (полученные экспериментальные результаты).

Разница между значениями цеховой себестоимости по базовому и инновационному варианту определяет экономическую эффективность применения УПУС (1454879,6 грн.).

Полученные данные подтверждают высокую эффективность применения предложенных устройств принудительного удаления стружки.

## **УПРАВЛЕНИЕ ОПЕРАЦИЕЙ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Новоселов Ю.К., Братан С.М., Покинтелица Н.И.  
(СевНТУ, г. Севастополь, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)

Решение задачи повышения производительности обработки при одновременном улучшении качества деталей при термофрикционной обработке (ТФО) может быть обеспечено за счет стабилизации параметров цикла, обрабатываемого по заранее заданной программе.

Анализ состояния проблемы и выполненные в этой области исследования показывают, что при интенсификации процесса возникают значительные сложности вследствие воздействия на процесс возмущающих факторов, которые оказывают существенное влияние на ход протекания процесса ТФО. При этом трансформируются связи между параметрами технологической системы, в результате чего система обрабатывает алгоритм управления с существенными погрешностями.

Устранение влияния возмущений осуществляется путем применения систем с комбинированным управлением, в которых обработка осуществляется по эталонному циклу с контролем размера и оценкой состояния технологической системы на всех этапах, на основе чего и осуществляется формирование управления.

Существующие системы управления не позволяют производить обработку изделий по оптимальным траекториям, так как осуществляют формирование управляющего сигнала по неполным данным с шумами измерений.

В этом случае эффективное управление объектом возможно за счет совместного решения задач оценивания состояния и регулирования, которые должны быть включены в единый процесс. Такое решение может быть получено на основе теории стохастического управления, которая связана с синтезом оптимальных регуляторов, действующих в условиях случайных возмущений и, в соответствии с принципом разделения, реализуется последовательным соединением оптимального фильтра, оценивающего состояние системы и оптимального детерминированного регулятора.

Разработанная автоматическая система осуществляет управление технологической операцией ТФО путем стабилизации глубины резания на протяжении всего цикла обработки с применением специальной стратегии регулирования.

При выполнении операции ТФО величина подачи изменяется и корректируется через каждый проход до достижения заданного размера изделия, величина которого оценивается автоматической системой.

Полученные результаты позволяют разработать систему управления процессами ТФО на металлообрабатывающих станках и специализированных установках, обеспечивающую оптимальные режимы обработки.

# МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ РЕШЕТКУ МЕТАЛЛА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

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

При пластической деформации вакансии, блуждающие атомы, атомы примесей сильно искажают кристаллическую решетку и тормозят движение дислокаций, создавая препятствия для их перемещения и взаимодействия. В результате электромагнитного воздействия число точечных дефектов кристаллической решетки уменьшается, что создает благоприятные условия для перемещения дислокации и повышает пластичность металла. Это явление может быть объяснено воздействием на точечные дефекты в кристаллической решетке металла (вакансии, блуждающие и внедренные атомы) свободных электронов, перемещающихся по кристаллической решетке под воздействием магнитной силы Лоренца.

Если принять, что на атом давит  $10^9$  электронов [1], то силу, действующую на него со стороны совокупности электронов, можно найти по выражению:

$$F_{\Sigma} = nBvq,$$

где  $n$  – количество электронов;  $B$  – магнитная индукция в металле;  $v$  – скорость деформирования или скорость перемещения электронов относительно внешнего поля;  $q$  – заряд электрона.

Если принять  $n = 10^9$ ,  $B = 2$  Тл,  $v = 10$  м/с,  $q = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл, то

$$F_{\Sigma} = 10^9 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ Н.}$$

Сила атомного взаимодействия согласно [1] равна:  $P = 0,86 \times 10^{-9}$  Н.

Так как сила атомного взаимодействия меньше в данном случае силы, действующей на атом со стороны электронов, то "электронное облако" перемещает атом в новое положение, например в вакансию, т.е. свободный узел кристаллической решетки. В результате этих взаимодействий количество дефектов кристаллической решетки уменьшается, а пластичность увеличивается, даже при отсутствии внешнего механического воздействия на металл. При деформировании металла этот эффект повышается, так как в очаге деформации скорость металла, а следовательно, и скорость электронов относительно внешнего поля возрастает.

**Литература.** 1 Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1973. – 496 с.

## СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Павленко І.І., Годунко М.О.  
(КНТУ, м. Кіровоград, Україна)

*Constructive and power structure of seizing devices of industrial robots is considered in this article. The article deals with the constructive peculiarities of the seizing devices and power clamp of parts. It also gives a description of creation and functioning of clamping devices of industrial robots.*

Захватні пристрої є найбільш відповідальними механізмами промислових роботів, які забезпечують утримування транспортованих деталей, при їх просторовому переміщенні. Найбільше розповсюдження отримали механічні хватні пристрої, які мають також досить різне конструктивне виконання, що дозволяє їх утримувати деталі різних розмірів, форми, матеріалу та виконувати різні операції: завантаження обладнання, складання вузлів і т. ін.

Для спрощеного та обґрунтованого вибору доцільних варіантів хватних пристроїв це питання розглянуто на структурному рівні. Проведено поділ хватних пристроїв за особливостями конструктивної будови: підтримуючі пристрої, пристрої з використанням пружних деталей та пристрої, в яких затискування і розтискування деталей здійснюється від окремого приводу через проміжні передачі та затискні важелі.

Додаткова умова конструктивного виконання хватних пристроїв, що визначає особливості їх силових розрахунків, це кількість точок затиску. Для подальшого розгляду таких хватних пристроїв виконано спрощене силове структурне їх представлення з можливими варіантами конструктивної реалізації та загальними силовими характеристиками.

Використання наведеного структурного представлення конструкцій хватів дозволяє ґрунтовно аналізувати всі можливі різновиди принципів схем. З їх використанням можна виконувати необхідні розрахунки та дослідження. Так, при силових розрахунках спочатку визначають величину необхідних сил затиску  $P_1, P_2, \dots, P_i$ . По величині цих сил ( $P_i$ ) визначають необхідну силу на двигуні  $Q$ , з урахуванням прийнятих проміжних передач і їх передавальних відношень ( $i_i$ )

$$Q = \sum_{i=1}^n P_i / i_i.$$



## **ЗНИЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У ЗВАРНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯХ ВІБРАЦІЙНОЮ ОБРОБКОЮ**

Павлов І.О., Жидков А.Б.  
(СНУ ім. В.Даля, м. Луганськ)

Рама візка дизельпотягу є відповідальною конструкцією, що працює у важких умовах змінного навантаження. Найбільш навантаженою частиною рами є бічна балка, яка сприймає навантаження від вагону і передає на колісні пари. Бічна балка є балкою із криволінійною віссю та вираженою нерівномірністю розподілу жорсткості по довжині. Обробка бічної балки, з метою зняття залишкових напружень, традиційно проводилася у вигляді неповного відпалу, що потребує значних енергетичних ресурсів.

Запропонована технологія вібраційної обробки з метою зниження залишкових напружень дозволяє значно знизити енергоємність виготовлення бічної балки та рами візка в цілому. Однак для її впровадження необхідно визначити особливості коливань балок зі змінною жорсткістю в умовах резонансу та без нього.

У результаті проведених досліджень з використанням математичних моделей було встановлено, що конструкція рами візка дизель потягу не є ідеальною і для підвищення її працездатності були запропоновані конструктивні зміни.

На основі моделювання та експериментальних досліджень встановлено, що найбільш навантаженні місця конструкції співпадають з зонами де формуються максимальні залишкові напруження після зварювання.

За рахунок того, що небезпечні місця мають максимальну жорсткість, ефективна обробка бічної балки ускладнюється і потребує значних вібраційних навантажень.

Під час переходу коливань бічної балки у резонансний режим, вібраційні навантаження швидше зростають у місцях з меншою локальною жорсткістю, і відповідно, обробка на резонансних частотах не є достатньо ефективною для перетинів з великою жорсткістю, себто у найбільш небезпечних зонах.

Для ефективного зниження залишкових напружень доцільною є обробка рами візка в цілому, тому, що при цьому кінцеві балки збільшують амплітуди коливань у небезпечних перетинах та з'являються додаткові моменти від несиметричного навантаження.

Розроблена технологія дозволила знизити рівень залишкових напружень у небезпечних перетинах у 1,5...2 рази.

## **ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ**

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

В современном машиностроении наблюдается тенденция увеличения объемов производства деталей с глубокими отверстиями. При этом все чаще предъявляются высокие требования к точности и качеству обработанной поверхности, что приводит к высокой трудоемкости процесса, а, следовательно, значительно повышает себестоимость продукции в целом. Особое место в обработке глубоких отверстий занимает глубокое растачивание отверстий большого диаметра. Обработка таких отверстий требует специальных дорогостоящих оборудования, инструмента и оснастки. Уникальность всего процесса обработки в целом обуславливает довольно узкий круг производителей инструмента и оснастки.

Проанализированы существующие конструкции инструмента для глубокого растачивания отверстий большого диаметра, показаны особенности процессов глубокого растачивания в условиях единичного и мелкосерийного производств, когда высокая стоимость инструмента для глубокого растачивания отверстий больших диаметров обуславливает повышение себестоимости технологического процесса. Решением проблемы является создание конструкции головки глубокого растачивания с возможностью регулирования диаметра направляющих, что значительно снизит номенклатуру инструмента, а следовательно и затраты на подготовку производства в целом. Между тем существующие конструкции головок глубокого растачивания имеют малый диапазон регулирования, либо вообще предназначены для обработки отверстий одного диаметра. Кроме того, некоторые рассмотренные конструкции имеют недостаточную жесткость направляющих, что в значительной степени снижает ресурс работы инструмента и ограничивает режимы обработки.

Представлена новая головка глубокого растачивания с твердосплавными направляющими, обладающая широким диапазоном регулирования и механизмом надежного крепления направляющих, благодаря чему устранены недостатки известных конструкций, в связи с чем, данный инструмент обеспечил повышение производительности глубокого растачивания с одновременным расширением технологических возможностей.

Проводятся дальнейшие испытания расточной головки на деталях с различной точностью и шероховатостью с целью отработки режимной части и усовершенствования отдельных узлов. Кроме того, проводится исследование с целью выявления зависимостей износа твердосплавных направляющих от характеристик обрабатываемых материалов, режимов резания, глубин расточки, а также проведение мероприятий по дальнейшему снижению износа направляющих, в том числе и доработка конструкции.

## ЖГУТОВАЯ САМОЗАЩИТНАЯ ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА

Плис С.Г., Карпенко В.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Эффективность защиты расплавленного электродного металла и технологические показатели сварки (наплавки) порошковой проволокой во многом определяются одновременностью плавления металлической оболочки и порошкового сердечника. На соотношение скорости плавления оболочки и сердечника существенное влияние оказывают режим сварки (наплавки) – сила тока и напряжение дуги, конструкция проволоки и ее состав. Для выравнивания плавления используют различные конструкции проволок, в которых часть металлической ленты располагается в полости, образованной оболочкой проволоки.

В данной работе изучали влияние конструкции порошковой проволоки на параметры наплавленного валика и характер ее плавления. Для этого использовали жгутовую самозащитную порошковую проволоку, полученную скручиванием нескольких обычных порошковых проволок трубчатой конструкций между собой в жгут, шихта которой состояла из рутила, карбонатов, раскислителей (ферромарганца, ферротитана, ферросилиция) и железного порошка. Для оболочки использовалась стальная лента марки 08кп размером 0,5×15 мм.

Наплавка производилась сварочным автоматом А-874, в качестве источника питания применялся выпрямитель ВДУ-1001. Сварочный ток изменялся от 520...580 А, при напряжении на дуге 30...32 В. Скорость сварки (наплавки) составляла 19,3 м/ч. Вылет электрода сохраняли постоянным во всех опытах – 25 мм. Наплавка выполнялась жгутовой самозащитной порошковой проволокой диаметром 5 мм на обратной полярности. Коэффициент заполнения для разработанной проволоки составлял  $K_з = 32...34\%$ . Коэффициент сложности формы порошковой проволоки составлял  $K_ф = 0,95$ .

После наплавки из пластин вырезались макрошлифы, при изучении которых было установлено, что с повышением коэффициента сложности формы (при прочих равных условиях) глубина проплавления –  $h$  и ширина шва –  $e$  увеличиваются, а усиление шва –  $q$  уменьшается. Усложнение конструкции порошковой проволоки приводит к выравниванию скоростей плавления шихты и оболочки, улучшает ее сварочно-технологические характеристики. При прочих равных условиях улучшение эффектности защиты расплавленного металла совпадает с увеличением коэффициента формы.

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

Полупан И.И.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Анализ стойкости режущего инструмента при обработке локомотивных колесных пар проводился на примере сборных чашечных резцов ( $d = 28,5$  мм, Т14К8) в колесно-роликовом цехе локомотивного депо г. Красный Лиман. Обработка производилась на колесотокарном станке мод. 1836. Величина износа режущей части пластины контролировалась по двум параметрам: ширине и высоте. Основными видами износа режущей части пластин являлись: износ – 12,5%, выкрашивания частиц пластины (0,2...0,5 мм) – 61,5%, сколы (0,5...2 мм) – 19,2%, и поломки пластины – 6,8%. Основными причинами выкрашиваний, сколов и поломок пластины при обработке колесных пар являются ползуны, накаты, навары, выщербины и т.п. Как показал статистический анализ, распределение высоты износа подчиняется логнормальному закону распределения, а ширины износа – закону Вейбулла-Гнеденко. Для определения совместного влияния на отказ ширины и высоты износа инструмента была проанализирована двумерная поверхность плотности распределения указанных параметров (см. рис. 1).

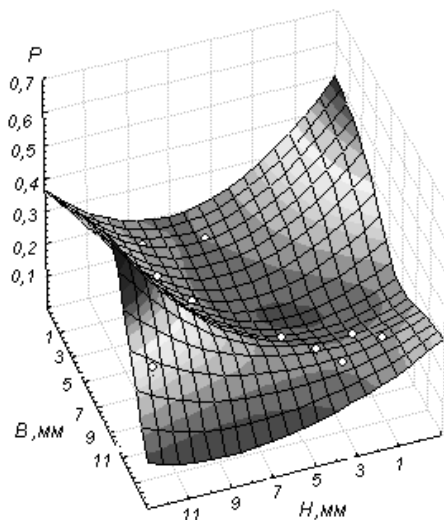


Рисунок 1 – Двумерная поверхность плотности распределения ширины и высоты износа инструмента

Установлено, что ширина среза (особенно в зоне перехода от гребня к поверхности круга катания) имеет большее влияние на отказ инструмента, чем толщина среза. Это указывает, что ширина среза имеет более существенное влияние на динамику процесса резания. Для повышения надежности инструмента необходимо увеличивать жесткость крепления чашечных резцов в направлении плоскости ХУ.

## **СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ**

Придальний Б.І.  
(ЛДТУ, м. Луцьк, Україна)

Одним з основних функціональних вузлів металорізальних верстатів і, зокрема, токарних є вузол автоматичного затиску заготовки, який здійснює великий вплив на точність і продуктивність обробки деталі, визначаючи в великій мірі інтенсивність застосовуваних режимів різання, якість поверхні і точність оброблюваного виробу, а також час наладки та обслуговування і витрати на ремонт.

Стійка світова тенденція до підвищення режимів різання (High Speed Cutting) та вимог до експлуатаційної надійності автоматичних і автоматизованих верстатів токарної групи спонукає до вдосконалення конструкції їх затискного механізму та покращення експлуатаційно-швидкісних характеристик. Все вищевикладене обумовлює необхідність проведення подальших експериментальних і теоретичних досліджень працездатності ЗМ, а особливо їх привода, на високих частотах обертання. З цією метою, на базі лабораторії металообробного обладнання кафедри "Комп'ютерного проектування верстатів і технології машинобудування" Луцького державного технічного університету, створено спеціальний стенд для проведення експериментальних досліджень роботи вже існуючих і заново створених ЗМ з приводами затиску з геометричним і силовим замиканням та затискних патронів у специфічних умовах. У дослідному стенді функціонують механічна, гідравлічна, електрична та електронна системи, а його базовим вузлом є модернізований шпindelний барабан багатощпindelного токарного автомата. весь перелік експериментальних досліджень, що можуть проводитися на даному науково-дослідному стенді складається з множини комбінацій всіх варіантів об'єкта дослідження (ЗМ в цілому і його елементів) та умов його роботи (різні параметри вхідних величин при різних частотах обертання).

## СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

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

Известно, что разрушение инструмента происходит при его циклическом нагружении. В этом случае прочностные характеристики инструментального материала определяется как числом циклов до разрушения, так и величиной действующего напряжения, т.е. усталостными характеристиками. Выкрашивание является результатом постепенного развития и накопления микротрещин. Скол происходит в результате воздействия нагрузки режущего клина на наиболее слабое сечение, обусловленное имеющийся трещиной. Характер нагружения режущей части инструмента зависит от конструкции инструмента и режимов резания.

Разработана математическая модель вероятности безотказной работы инструмента из условия его вероятностного нагружения. Вероятность безотказной работы инструмента определяется как вероятность того, что максимальное напряжение  $S$ , возникающее под действием нагрузки, не превысит несущей способности  $R$ :  $P(\tau) = P(R > S)$ . Получена зависимость для определения безотказной работы инструмента:

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

где  $\sigma_S$  – среднеквадратическое отклонение напряжений,  $N_0$ ,  $m$  – параметры кривой усталости;  $\psi(m+2)$  – функция, выражаемая через полную гамма-функцию,  $T_e$  – эффективный период стойкости, для заданного уровня надежности,  $a$  и  $b$  – параметры распределения.

Период стойкости инструментов существенно зависит от их эксплуатационной прочности, косвенным показателем которой считают "разрушающую" подачу  $S_p$ , при которой происходит поломка инструмента. Исследования прочности режущей части инструмента методом разрушающих подач позволило количественно оценить эксплуатационную прочность режущего инструмента.

По данным лабораторных испытаний при черновом точении стали по корке токарными резцами с горизонтально расположенными пластинами и для типоразмера станков  $D_C = 1250...2500$  мм получена математическая модель с использованием метода группового учета аргументов, позволяющая прогнозировать прочностные характеристики инструментов.

# МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ СМЕШАННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рамазанов С.К., Припотень В.Ю.  
(ВНУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина)

Проблема управления безопасностью современного предприятия (производственной системы – ПС), функционирующего в условиях нестабильной внешней среды и различных неопределенностей является актуальной. Предложена модель динамики управления безопасностью ПС как активной организационной системы при наличии различных типов неопределенностей и многокритериальности. "Безопасность" и "риск" взаимосвязанные понятия, т.е. если  $Y$  – уровень безопасности ПС, а  $X$  – уровень риска, то  $X + Y = 1$  и при этом обеспечение уровня безопасности  $Y$  требует от ПС определенных затрат  $z = Z(Y)$ , где  $Z(\cdot)$  – возрастающая функция  $Y$ . Эти затраты включают в себя две составляющие – первая связана с переходом на новый уровень безопасности (смена технологии, закупка более совершенных систем контроля, обучение персонала и т.п.), а вторая – с поддержанием этого уровня в течение рассматриваемого периода времени (повышенные издержки при новой более безопасной технологии, затраты на обслуживание систем контроля и т.д.).

Обобщенную динамическую модель многокритериальной задачи управления безопасностью в условиях неопределенности можно представить как  $\langle S, U, Z, J(U, Z, t_0, x_0) \rangle$ , где  $S$  – ПС:  $S : \dot{x} = f(x, u, z)$ ,  $x(t_0) = x_0$ ,  $U$  – множество стратегий ЛПР;  $Z$  – множество смешанной неопределенности (стохастической, множественной и нечеткой);  $J_i(U, Z, t_0, x_0)$  –  $i$ -ая компонента векторного критерия  $J$ . Компоненты функции безопасности можно определить как  $\phi_i(x, y) = \max_{z \in X} f_i(z, y) - f_i(x, y)$ ,  $i \in N$  и на основе "векторного" подхода  $\phi_i(x, y) = f_i(g(y), y) - f_i(x, y)$ ,  $i \in N$ , где функция  $g(y)$  определена на множестве  $Y$  значений неопределенностей  $y$ . В частности, динамика опасностей есть векторный стохастический процесс, который удовлетворяет уравнению вида:  $\dot{e}(t) = F(t)e(t) + G(t)\omega(t) + u(t)$ , а наблюдения за ним – процесс вида:  $z(t) = H(t)e(t) + v(t)$ ,  $u(t)$  – вектор управления безопасностью. В условиях смешанной неопределенности задача управления безопасностью сводится к задаче [1]:  $u = \arg \max M_W \{ \mu_d(x, \omega) \} \equiv \arg \max_{u \in U} M_\omega \{ \mu_{X_0}(F_0(u, \omega)) \cdot \mu_{U_0}(u) \cdot \mu_{G^*}(g) \}$ .

**Литература.** 1 Рамазанов С.К., Припотень В.Ю. Методы и информационные технологии управления предприятием в условиях нестабильностей. Монография. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2006. – 216с.

## **УПРАВЛЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫМИ ЗАТРАТАМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ**

Решетник Н.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Проблема управления затратами вытекает из существующих на современных предприятиях несовершенных механизмов формирования затрат в процессе производства изделий. Машиностроительному предприятию характерны специфические особенности изготовления продукции, которые неоднозначно определяют этот механизм. Основным фактором, формирующим неоднозначность, является отсутствие четких методик и моделей формирования операционных затрат с учетом их привязки к технологической подготовке производства.

Задачу минимизации операционных затрат и регулирования дискретного производства можно решить с помощью сетевых моделей распределения ресурсов. Каждая операция – это работа или совокупность работ, которые рассматриваются и агрегируются как единое целое. В данном случае в задаче дискретного управления производственным процессом ресурсами является оборудование.

Систему ограничений, входящих в постановку модели минимизации операционных затрат, путем распределения ресурсов в комплексах операций можно разбить на следующие классы.

1. Сетевые ограничения предшествования операций.
2. Ограничения на параметры операций.
3. Временные ограничения.
4. Ресурсные ограничения.

Второй класс ограничений связан со свойствами процесса выполнения каждой операции. Известны виды ресурсов, необходимых для выполнения операции и объем операции по каждому виду ресурса. В частном случае к ограничению второго класса относится требование непрерывного выполнения операции. К временным ограничениям относится задание интервала времени, в котором допустимо выполнение всего комплекса операций, ограничение на моменты начала и завершения операции.

Наличие ресурсных ограничений выражается в том, что в любой момент времени по любому виду ресурсов не должно превышаться заданное по ним количество.

В данной задаче необходимо минимизировать функционал, зависящий от функции потребления ресурсов комплексом операций во времени при заданных временных ограничениях.

Предлагаемый механизм, в отличие от существующих, позволит учесть многостадийность технологических процессов изготовления детали, присущих машиностроению и взаимно увязать технологические процессы изготовления деталей всей производственной программы.



## **О НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАЗОРОВ В НАПРАВЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

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

В металлорежущих станках важную составляющую их качества определяет точность обработки изделий. Точность станка во многом определяется качеством изготовления составляющих станок узлов и механизмов. Точность изготовления узлов и деталей станка зависит от точности оборудования (станков) на которых изготавливается деталь, квалификации рабочего, характера сопряжений деталей в узле, которые выражаются в виде размеров на чертеже с необходимыми допусками и посадками.

Сопряжения во взаимноподвижных деталях станков определяются зазорами между деталями, которые во время эксплуатации имеют тенденцию увеличиваться за счет, в основном, износа. Это вызывает потерю первоначальной точности станков.

Материалы направляющих обычно выполняют разнородными, если из однородного материала, то обязательно разной твердости для снижения склонности к заеданию.

Точность направляющих регламентируется стандартами на нормы точности станков. Точность в зависимости от типа поверхности характеризуется следующими основными параметрами: для плоской поверхности – плоскостностью или прямолинейностью в заданном направлении (если нельзя проверить плоскостность); для цилиндрической поверхности – цилиндричностью и круглостью; для конической поверхности – полнотой пятна контакта. Основные нормы точности направляющих приведены в таблице.

В данной статье рассматриваются, в основном, круглые в сечении направляющие (цилиндрические). Их основная особенность и отличие от других форм направляющих – замкнутая цилиндрическая поверхность контакта между подвижной и относительно неподвижной деталями. По этой поверхности происходит передача усилий, трение, износ, нагрев. Изготовление, сборка и эксплуатация цилиндрических направляющих происходит с обеспечением посадок с зазором, переходных и даже с натягом.

Представлены 9 схем направляющих с оперативной регулировкой зазоров в направляющих станков и гидроцилиндрах выполняющих роль направляющих. Схемы характеризуются разным выполнением механизма регулировки зазора, но их объединяет простота конструкции и широкий диапазон регулировки зазора в направляющих.

Применение регулируемых направляющих обеспечивает повышение точности направления деталей в станках, компенсацию износа, повышение долговечности. Разработано 9 новых схем направляющих с механической регулировкой зазоров. Разработана схема оперативного поддержания заданной точности направляющих и других деталей станков.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Савченко Н.А., Субботин О.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Широкое распространение искусственных обучаемых нейронных сетей позволило эффективно решать неформализованные задачи классификации и прогнозирования в различных проблемных областях. Обучаясь на некоторой таблице данных, нейронная сеть формирует навык предсказания или классификации и в дальнейшем может решать задачи с высокой точностью. Применение нейросетей в энергетических системах становится актуальной.

Цель работы – оптимизация процессов производства и распределения электроэнергии за счет применения нейротехнологий.

Существуют различные технические реализации нейронных сетей, в том числе нейроимитаторы, то есть компьютерные модели нейронных сетей. С ними можно выполнять различные операции – обучать, определять наиболее и наименее значимые связи, контрастировать и т. д.

Применение нейронных сетей в электроэнергетике позволяет оптимизировать процесс производства и распределения электроэнергии, управлять безопасностью и режимами функционирования энергосистем.

Перечень задач применения нейрокомпьютеров в системах управления энергетическими системами постоянно растет. Ранее эти задачи решались статистическими и численными методами, использовалось моделирование и методика оперативного управления режимами функционирования электроэнергетических систем [1].

Выделяется ряд основных задач, решаемых нейрокомпьютерами в современных энергетических системах: предсказание нагрузки; прогнозирование температуры окружающей среды с целью прогнозирования нагрузки; управление потоками электроэнергии в сетях; обеспечение максимальной мощности; регулирование напряжения; диагностика энергосистем с целью определения неисправностей; оптимизация размещения датчиков для контроля безопасности энергосистем; мониторинг безопасности энергосистем; обеспечение защиты трансформаторов; обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика генераторов; управление турбогенераторами; управление сетью генераторов; управление мощными переключательными системами.

Просматривается перспективность дальнейшего развития нейронных сетей для управления электроэнергетикой.

**Литература:** 1 Тевяшев Ф.Д., Тимофеева Т.Б. Модели и методы оптимального стохастического управления режимами функционирования электроэнергетических систем. – Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2003. - №1. – С.29-36.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

Святов С.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

*The economic model of calendar planning in manufacture is realized. The tasks are solved: the analysis of loading of resources; updating of terms of performance of works with the purpose of rational use of resources; planning of the working diagram of the executors; the cost analysis of the project; the control of the plan, finance and management of the project as a whole.*

Управление сложными динамическими производственными системами с использованием современных математических методов и компьютерных технологий является актуальной задачей для предприятий. В моделировании планово-экономических систем использовали метод сетевого планирования проектов среде MS Project, который содержит три этапа: структурное планирование, календарное планирование и оперативное управление. На стадии контроля выполнения плана, как обратной связи в корпоративном управлении проектом, требуются оперативные производственные данные и оптимальные решения по его реализации. Главная роль в этом отводится цеховым, складским и другим "низовым" экономическим службам. Автоматизация рабочих мест таких специалистов особенно важна для успешного протекания производственного цикла.

В связи с тем, что решение оптимизационных задач в MS Project не предусмотрено, использовали технологию импорта/экспорта данных в приложениях Microsoft Office и моделирование реальной производственной ситуации (наложение проектов, ограничения временных, трудовых ресурсов и затрат) в MS Excel, по MS Project-данным. Исходными данными, по анализируемым этапам реализации проекта, были ресурсы, производственные показатели работы участков, цехов и директивные плановые задания, в виде недельных, дневных норм выработки и процента их завершения. Разработанные производственные модели (График ресурсов, Календарный график и График управления событиями.) на базе статических и динамических диаграмм Ганта позволили автоматизировать рабочие места цеховых и других планово-экономических служб на уровне автономных АРМ и локальных производственных подсистем обработки корпоративной информации. Проектные решения экспортировались обратно в MS Project как исходные данные в корректировке проекта.

С использованием данной технологии в среде специальных возможностей MS Excel, могут быть решены задачи прогнозирования производственного плана, затрат и персонала, стоимостной анализ проекта и оперативный контроль объем производства для достижения максимальной эффективности бизнеса.

## МАЛООТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ ТОНКОЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Семенов В.М.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Известно, что применение электрошлаковой сварки (ЭШС) позволило кардинально решить проблему изготовления крупных сварных конструкций тяжелого машиностроения. Однако, несмотря на все достоинства и преимущества этого способа в сравнении с другими, электрошлаковая сварка остается весьма энергоемким процессом, требующим дальнейших исследований по сокращению расхода энергии и материальных ресурсов. Прежде всего, это связано с необходимостью проведения высокотемпературной термообработки после сварки для обеспечения требуемых механических свойств сварного соединения, особенно металла околошовной зоны. Отмена или сокращение цикла термообработки была и остается одной из ключевых в технологии ЭШС, несмотря на достигнутые в этом направлении результаты. Одним из направлений решения этой проблемы является увеличение скорости сварки при уменьшении количества наплавленного металла. Как известно, существенное повышение скорости сварки сопряжено с рядом принципиальных трудностей: потерей устойчивости процесса, снижением сопротивляемости металла шва образованию трещин. В направлении решения поставленной проблемы была выполнена работа по изучению возможности электрошлаковой сварки тонколистовых конструкций, используя двустороннюю разделку свариваемых кромок, подобно той, которую используют при автоматической дуговой сварке. Это позволяло исключить необходимость применения сборочных планок. Кроме того, расчеты показали, что такая разделка уменьшает объем наплавленного металла и увеличивает скорость сварки примерно в два раза, сокращая во столько же раз расход сварочной проволоки, а, следовательно, и электроэнергии. Эксперименты выполняли при электрошлаковой сварке заготовок из листовой хромоникельмолибденовой стали толщиной 70 мм. Использовали сварочную проволоку диаметром 3 мм, близкую по составу к основному металлу и фтористокальциевый флюс. Результаты исследования сварных соединений, выполненных ЭШС с использованием двусторонней разделки свариваемых кромок позволили создать малоотходную технологию изготовления конструкций из листовой стали толщиной 70 мм. Кроме того, показано, что при такой форме разделки создаются условия (увеличение скорости сварки и уменьшения объема наплавленного металла) для изучения возможности сокращения термообработки крупных сварных конструкциях, что является несомненно актуальным в настоящее время глобального мирового энергетического кризиса.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ИНТЕРВАЛ ХРУПКОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКЕ

Семенов В.М., Ярмонова М.В.  
(ДГМА, г. Краматорск, ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

Для исследования процесса образования горячих трещин и разработки мер их предупреждения были изучены температурный интервал их появления, (температурный интервал хрупкости – ТИХ) и место зарождения.

Температуру жидкого металла обычно измеряют термопарами погружения (вольфрамомолибденовыми, графито-карборундовыми, платино-платинородиевыми и др). В проведенной работе использовали вольфрамо-ренийевую термопару, обладающую малой инерционностью, большой термо-э.д.с. и достаточной стойкостью при высоких температурах. Термопару с диаметром проволоки 0,5 мм градуировали на 1600 °С и использовали с защитой горячего спая кварцевым наконечником. Температуру измеряли двумя способами: заделкой термопары в формирующее устройство и непосредственным ее погружением в сварочную ванну (запись температуры осуществляли прибором МПП-28). Измерение температуры производили в центральной зоне сварочной ванны, т.е. в наиболее вероятном месте образования горячих трещин. Эксперименты выполняли с использованием экспрессного метода оценки стойкости металла шва против образования горячих трещин при электрошлаковой сварке, позволяющего получать количественный критерий оценки по критической скорости деформации. В процессе сварки образцов и по мере подъема уровня ванны термопара погружалась сначала в шлак, а затем в жидкий металл и, таким образом производилась запись термического цикла всего процесса сварки. Кроме того, измеряли температуру путем погружения термопары в металлическую ванну сразу после окончания процесса. Электрошлаковую сварку образцов производили на постоянном режиме: скорость сварки – 0,5 м/ч; напряжение – 40 В; глубина шлаковой ванны – 45 мм; количество электродов (проволока Св.10Г2) – 2, расстояние между ними – 60 мм. Материал свариваемых образцов – Ст.3. Опыты проводили с применением проволок Св.10Г2 и 08ХН2М и кремниемарганцовистого флюса АН-348. Анализ полученных результатов показывает, что горячие трещины появляются в шве, при его деформировании спустя 20 с после окончания сварки. Они не обнаруживаются, если деформирование производить через 50 с после сварки. Наибольших размеров трещины достигают, если деформирование начинается через 30...40 с после сварки, что соответствует ТИХу 1360...1450 °С.

Место зарождения трещин определяли деформированием металла шва. Процесс сварки прекращали, когда дно металлической ванны находилось между торцами свариваемых пластин. Просмотр макрошлифов показал, что зародыш трещин находится непосредственно на линии кристаллизации металлической ванны, которая является местом зарождения горячих трещин при электрошлаковой сварке. Увеличение скорости деформации металла приводит к развитию зародившихся на границе кристаллизаций трещин.

## РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИГРОВЫХ ПОДХОДОВ

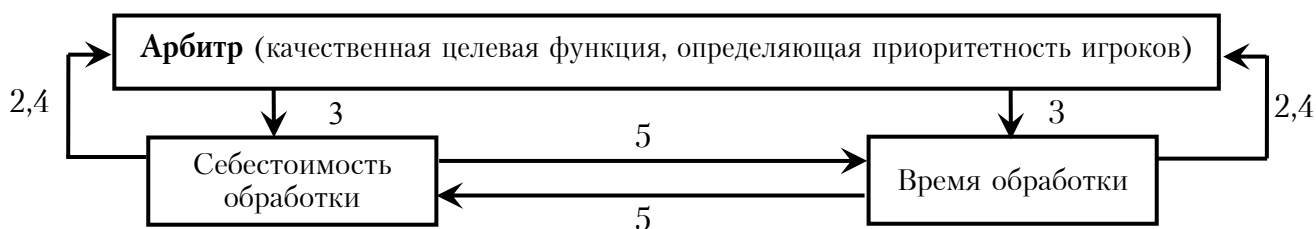
Сердюк А.А., Борискина Н.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для разрешения проблемы многокритериальной оптимизации принято предположение, что в условиях неопределенностей факторов процессов и характеров их взаимодействия наиболее эффективны игровые алгоритмы выбора решений в сочетании с интеллектуальными экспертными системами.

После анализа игровых методов оптимизации [1, 2], определен характер взаимодействия игроков: кооперативное взаимодействие, которое можно решить методом оптимизации дележа Шепли или методом оптимизации по Парето.

Решение глобальной задачи оптимизации механической обработки лежит в пространстве основных критериев эффективности процессов, в первую очередь, производительности и себестоимости обработки. В связи с этим глобальная задача была декомпозирована на локальные подзадачи оптимизации.

Графическое представление игрового алгоритма решения многокритериальной оптимизации.



Последовательность выполняемых действий:

1. Арбитру задается глобальная приоритетность игроков и ограничения, накладываемые на систему.

2. Каждый игрок определяет начальное значение своей функции и передает его арбитру.

3. Арбитр, в зависимости от приоритетов просит игроков применить свою стратегию.

4. На каждом шаге арбитру передаются значения обеих функций.

5. Игрок с функцией выигрыша большей приоритетности изменяет параметры оптимизации в соответствии со своей стратегией и определяет стратегию другого игрока. Итерации с 3-й по 5-ю продолжаются до достижения глобального выигрыша, определяемого арбитром.

**Литература.** 1 Г.Оуэн. Теория игр. М.:Изд. «Мир», 1971. 229 с. с ил. 2 Теория игр: Учеб. пособие для ун-тов./ Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. – М.: Высш.шк., Книжный двор «Университет», 1998. – 304 с.: ил.

## ОЦЕНКА ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Смирнова М.А., Шалыгина Е.И.  
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В практике эксплуатации современных электромеханических систем, как в энергетике, так и в машиностроении, важнейшей проблемой является обеспечение их надежного функционирования. В связи с этим весьма актуальным является повышение эффективности систем защит на основе совершенствования методик их расчета.

В системах электроснабжения машиностроительных предприятий для обеспечения безаварийной работы силового оборудования с резкопеременными случайными нагрузками в установившихся и переходных режимах весьма важно использовать фильтровые устройства релейной защиты и автоматики. Оценку эффективности применения этих устройств можно произвести, определив гармонический состав и симметричные составляющие фазных токов и напряжений, полученных на математических моделях или с помощью натурных осциллограмм.

В энергетике на основании разработанных математических моделей электрических станций на основе анализа фазных токов и напряжений, их мгновенных значений, гармонического состава и симметричных составляющих рассчитываются устройства релейной защиты. Для определения мгновенных значений симметричных составляющих в предложено использовать разложение в ряд Фурье фазных токов (напряжений) для каждой из гармоник с последующим нахождением симметричных составляющих. Практический интерес представляет дальнейшее совершенствование методики в направлении повышения точности и снижения трудоемкости расчетов, а также расширения области ее применения для различных электромеханических систем.

Сущность предлагаемого метода состоит в объединении метода симметричных составляющих и разложения в ряд Фурье для мгновенных значений величин. На выбранном интервале времени длительностью в один период основной частоты вместо разложения в ряд Фурье мгновенное значение тока (напряжения) представляется в виде суммы среднеквадратических значений аperiodической составляющей и периодической составляющей. Для определения последней рассматриваемый интервал разбивается на 20...40 точек и находится среднеквадратическое значение амплитуды. Затем, зная мгновенное значение токов и найденной амплитуды, находится начальная фаза тока эквивалентной синусоиды. Далее определяются мгновенные значения коэффициента несинусоидальности.

Данная методика позволяет оценить степень несимметрии напряжений в сетях как для результирующего напряжения, так и для отдельных гармоник, а также степень несинусоидальности токов. Предложенная методика позволяет выполнять более качественный анализ работы силового оборудования и фильтровых устройств релейной защиты и автоматики и может найти широкое применение как в энергетике, так и в различных областях машиностроения.

## **ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМОВ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ НА РАБОЧУЮ ПОВЕРХНОСТЬ КРУГА**

Стрелков В.Б., Полтавец В.В.  
(Украина, г. Донецк, ДонНТУ)

Твердые сплавы широко используются в машиностроительной промышленности, инструментальном производстве, горном деле и других отраслях техники. Окончательную и отделочную обработку твердых сплавов осуществляют алмазными кругами на металлической связке, при этом поддержание высокой режущей способности круга обеспечивается электроэрозионными воздействиями (ЭЭВ) на рабочую поверхность круга (РПК).

Основным техническим ограничением, налагаемым на процесс алмазного шлифования твердых сплавов, является критическая температура начала окисления алмазных зерен (700-800 °С) и температура в поверхностном слое изделий из твердых сплавов, превышение которой вызывает появление трещин. Аналитический расчет сил резания по единой условной плоскости сдвига с целью определения режимов обработки, при которых исключается окисление алмаза и появление трещин на обработанной поверхности, невозможно вследствие особенностей физико-механических свойств твердых сплавов, заключающихся в высокой степени структурной неоднородности материала. При этом размеры порошков карбидов соизмеримы с толщиной среза единичным зерном.

Разработанная нами методика позволяет определить максимально допустимую силу поджима изделия к РПК с учетом вышеприведенных технических ограничений, с проверкой температуры на поверхности твердых сплавов, при обработке на рассчитанных режимах. Применение предложенной методики дает возможность рационально использовать режущую способность РПК, а шлифование по упругой схеме – эксплуатацию в соответствии с законом изменения ее во времени.

Для процесса шлифования с периодическими ЭЭВ на РПК нами разработана методика, позволяющая определить оптимальную длительность периода обработки между ЭЭВ на РПК по критерию минимальной удельной себестоимости процесса обработки.

Шлифование с рассчитанной длительностью периода обработки, на режимах, исключающих окисление алмаза, позволяет рационально эксплуатировать дорогостоящий алмазный инструмент, а также позволило повысить производительность обработки на 49,7% и снизить удельную себестоимость обработки на 8,8...10,2%, а внедрение технологического регламента на процесс алмазного шлифования твердых сплавов с периодическими электроэрозионными воздействиями на РПК, дает экономический эффект в 120 тыс. грн. при объеме удаляемого припуска в 1 м<sup>3</sup>.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ

Тулупов В.И.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Результаты теоретических и экспериментальных исследований убедительно показывают, что на эксплуатационные свойства деталей машин значительное, и в подавляющем большинстве случаев решающее влияние оказывают параметры качества их рабочих поверхностей. Чтобы обеспечить то или иное эксплуатационное свойство изготавливаемой детали или узла, необходимо обеспечить требуемые, определяющие его, характеристики качества рабочих поверхностей.

Регуляризация микрогеометрии поверхностей деталей машин служит эффективным средством повышения их служебных свойств. Широкое распространение получила технология образования регулярных микрорельефов различными методами поверхностного пластического деформирования. Регулярный рельеф является высокоэффективным способом повышения износостойкости подвижных сопряжений. Вместе с тем дальнейшее повышение требований к эксплуатационной надежности и долговечности деталей, работающих в различных условиях нагружения, обуславливают необходимость совершенствования технологических методов поверхностного упрочнения.

Перспективными являются методы, оказывающие влияние не только на микрогеометрию обрабатываемой поверхности, но и приводящие к изменениям в структуре, напряженно-деформированном состоянии, фазовом и химическом составе поверхностного слоя металла, а также обеспечивающие оптимальное распределение физико-механических свойств на упрочненной поверхности в зависимости от конкретных условий эксплуатации деталей.

Предлагаемый способ электромеханической обработки (ЭМО, чистового точения с импульсным током) сочетает в себе два вида воздействия на поверхностный слой детали: механического и концентрированными потоками энергии (КПЭ), в виде импульсного тока большой мощности.

Данный способ позволяет получать упрочненные фрагменты ("белый" слой), которые образуют регулярную дискретную структуру (РДС) на поверхности детали. Площадь одного такого фрагмента будет зависеть от величины подачи  $S$  и длительности импульса электрического тока  $\tau_w$ , пропускаемого через зону резания, а взаимное расположение фрагментов от частоты следования этих импульсов  $F_w$ , величины подачи  $S$  и скорости резания.

## НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Харламов Ю.А.  
(GIKI, Топи, Пакистан)

Рассмотрена классификация процессов фрикционной обработки материалов, включающая шесть основных групп: (1) обработка со снятием стружки; (2) сварка, пайка; (3) обработка металлов давлением; (4) порошковая металлургия; (5) наплавка и нанесение покрытий; (6) модифицирование поверхностных слоев. Наиболее значительным достижением в развитии технологии соединения материалов является сварка трением с перемешиванием, отличающаяся низкой энергоемкостью, экологичностью и высоким качеством сварных швов. На аналогичных принципах основан недавно разработанный метод обработки трением с перемешиванием в качестве универсального способа модификации микроструктуры металлических сплавов.

Процессы сварки и обработки трением с перемешиванием сопровождаются сложным движением материала и пластической деформацией. Параметры процесса – скорость вращения инструмента и продольной подачи, геометрия инструмента и конструкция соединения оказывают значительное влияние на форму течения материала и распределение температуры, определяя, таким образом микроструктурную эволюцию материала. Эти факторы определяют температурное поле внутри и вокруг зоны перемешивания. Это температурное поле непосредственно влияет на микроструктуру сварного шва (размер зерна, характеристики межзеренных границ, укрупнение и растворение дисперсных включений) и результирующие механические свойства сварного соединения. Поэтому актуальным представляется анализ тепловых явлений, сопровождающих эти процессы.

Рассмотрены основные источники генерации и отвода тепла при взаимодействии штыря и заплечика инструмента с обрабатываемой заготовкой. Основными факторами, определяющими температурное поле при сварке и обработке трением с перемешиванием являются давление и скорость скольжения в контакте инструмент-деталь, теплофизические и механические свойства материалов детали и инструмента, коэффициент взаимного перекрытия, характеризующий соотношение площадей трения инструмента и детали, и условия теплопередачи. Показана необходимость разработки классификации фрикционных источников нагрева.

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ-ЭТАЛОНА ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ МОЩНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Цыганаш В.Е., Винников В.А., Белоиваненко Ю.С.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

1 Опыт разработки, внедрения и эксплуатации сложных систем для объектов промышленности показывает, что адаптивные оптимальные системы являются наиболее перспективными с точки зрения достигаемых результатов управления. Более того, можно утверждать, что адаптация, как и иерархия структуры, является одним из фундаментальных принципов организации сложных систем управления. В таких системах принципы адаптации реализуются на базе иерархических организационных структур, при этом отдельные слои адаптации могут быть распределены в различных эшелонах. Возникает многослойная многоэшелонная структура системы управления с адаптацией, которая является основой для создаваемых сложных систем.

Это в полной мере относится и к мощным потребителям электроэнергии. Для синтеза таких сложных систем на основе моделей – эталонов может быть предложена следующая последовательность операций (действий).

Первый этап – декомпозиция с учетом взаимодействия и простоты технических и алгоритмических решений.

Второй этап – формирование автономных подсистем (макро моделирование).

Третий этап – оптимальное управление на основе полученной упрощенной алгоритмической структуры (эталонной модели).

2 В качестве примера использования предлагаемой методики синтеза рассматривается построение системы оптимального управления для электропривода станка, работающего в режиме черновой обработки деталей.

Это задача средней сложности, включающая декомпозицию структуры, формирование автономных подсистем, решение задачи оптимизации на замкнутом множестве, не сводимом к анализу уравнений.

3 Приведен анализ сложного энергопотребителя, включающего многоступенчатые преобразования энергетического потока, используемого для нужд машиностроительного предприятия и города. Это многоцелевая задача с примерно такой приоритетностью целей: формирование высокоточного контроля и управления тепловым режимом, обеспечение эффективного теплоиспользования, оптимизация длительности перехода от одного режима работы к другому, расширение технологических возможностей оборудования. Из-за многочисленности и разнообразия ограничений эта задача является наиболее сложной не только для математической формулировки, но и для технической реализации, что требует новых подходов к ее решению.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ ПЕЧНОЙ ОКАЛИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОЛЛЕКТОРОВ

Чекулаев Е.Ф., Катюха Б.Ю.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При горячей прокатке изделий неизбежно возникает печная и вторичная (воздушная) окалина, которая, если ее не удалять, вкатывается валками клетей в изделие и значительно снижает несущую способность металлоконструкций машин, усиливает подверженность металла атмосферной коррозии. Использование для удаления печной окалины гидравлического устройства с источником низкого давления позволяет по сравнению с гидросбивом высокого давления понизить используемую энергоемкость.

Хороший эффект удаления окалины системами гидросбива окалины высокого давления достигнут при давлении воды в коллекторе не ниже 10 МПа и факторе  $G = 1,63 \cdot 10^{-4} \frac{м^3}{с \cdot см}$ . Создание аналогичных условий воздействия на печную окалину низконапорной установкой гидросбива также обеспечит эффективное удаление окалины. В процессе удаления окалины коллектором низконапорной установки гидросбива между плоскостью коллектора и поверхностью сляба образуется щель. Струи воды, истекающие из отверстий коллектора, попадают в щель, из щели вода движется во всех направлениях, обтекая поверхность сляба. Активное сопротивление движению воды через низконапорный коллектор составляют отверстия на выходе из коллектора. Если обеспечить скорость движения воды в щели одинаковую со скоростью натекания воды на поверхность сляба из сопл системы, то можно определить объемный расход воды движущийся в щели. И может быть найдено давление внутри низконапорного коллектора гидросбива печной окалины.

На основании полученных зависимостей были проведены эксперименты с различными типами коллекторов, которые отличаются между собой суммарной площадью выходных отверстий и их расположением в коллекторе. Энергосиловые параметры при этом находились в пределах: давление воды на входе в коллектор – 0,8...1,2 МПа, объемный расход воды через одну секцию коллектора – 0,06...0,09 м<sup>3</sup>/с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ $\beta$ -ОЛОВА В $\gamma$ -ОЛОВО ДЛЯ СИНТЕЗА АЛМАЗОВ В СИСТЕМЕ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД – ОЛОВО

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

А.А. Жуковым и П. Густавсоном в работах теоретически показали, что в чугунах при температурах ниже 853 К и выше 1525 К карбид железа  $Fe_3C$  (цементит) может превращаться в железо и алмаз при атмосферном давлении. Экспериментальное подтверждение было неудачным.

Известно, что олово в чугунах не образует химических соединений с железом, графитом и цементитом и распределяется равномерно по границам зерен без ликваций. Также известно, что  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  – модификации олова имеют различные кристаллические решетки и плотности, что в процессе полиморфных превращений приводит к значительным объемным изменениям. Так, переход  $\beta$ -олова с температурным интервалом существования 286...446 К в  $\gamma$ -олово с температурным интервалом существования 446...505 К приводит к  $\approx 12\%$  увеличению объема. Поэтому применение энергии полиморфного превращения олова, влекущее за собой макрообъемные изменения в системе железо-углерод-олово, можно использовать для создания новых импульсно-деформирующих процессов синтеза алмазов в чугунах, содержащем олово.

Целью работы является аналитический расчет возможно развиваемых удельных давлений полиморфным превращением  $\beta$ -олова в  $\gamma$ -олово в твердом железоуглеродном растворе, содержащем олово, – системе железо-углерод-олово, при термодинамическом сдвиге до наивысшей температуры устойчивого существования алмаза до его превращения в графит.

Из расчетных данных видно, что при температуре полиморфного превращения  $\beta$ -олова в  $\gamma$ -олово, влекущего за собой  $\approx 12\%$  объемного увеличения равного 673 К развивается удельное давление 5,1 ГПа, а при росте температуры превращения до 1273 К давление увеличивается до 23,1 ГПа.

Как известно, минимальные параметры полиморфного превращения графита в алмаз: температура  $t \approx 1373$  К и давление  $p \approx 4$  ГПа.

Расчеты показывают возможность применения полиморфного превращения  $\beta$ -олова в  $\gamma$ -олово в железоуглеродном растворе, содержащем олово, – системе железо-углерод-олово, как инициатора импульсно-деформирующих процессов синтеза алмазов.

Вытекает необходимость дальнейших теоретических исследований по разработке оптимального химического состава системы железо-углерод-олово, разработке оптимального структурного состава и технологии термической обработки системы железо-углерод-олово для получения оптимальных импульсно-деформирующих процессов синтеза алмазов.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ЛЕНТОЙ**

Чигарев В.В., Грибков Э.П., Кассова Е.В.  
(ПГТУ, г. Мариуполь, ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Для восстановления многих деталей используется наплавка порошковыми материалами. Одним из видов наплавки является накатка, а затем наплавка порошковой ленты на обрабатываемую поверхность при помощи роликов, через которые подается электрический ток. При этом процессе немаловажным является прочное сцепление частиц труднодеформируемых деталей с основным металлом. Прочность этого соединения обеспечивается уровнем напряжений, возникающих в очаге деформации при накатке. Актуальной задачей при этом является разработка математического аппарата, позволяющего определять напряженно-деформированное состояние в очаге деформации.

Разработанная математическая модель накатки порошковой ленты основана на численном рекуррентном решении условия статического равновесия всех сил в очаге деформации. Кинематической особенностью данного процесса по сравнению с традиционной прокаткой является асимметрия очага деформации, обусловленная тем, что один из радиусов стремится к бесконечности. Поэтому в модели рассматривали очаг деформации со стороны накатного ролика и со стороны основного металла.

Расчет напряженно-деформированного состояния осуществляли путем разбиения очага деформации на множество элементарных объемов и совместного решения условия пластичности для сыпучих сред и условия статического равновесия всех сил, действующих в элементарном объеме.

Аналогично рассматривали задачу для определения напряженно-деформированного состояния для металла оболочки, причем критерием для пластической деформации оболочки являлся уровень нормальных контактных напряжений, возникающих в порошковом сердечнике.

Результаты, получаемые при помощи разработанного математического аппарата позволяют определять уровень напряжений в очаге деформации, плотность порошкового сердечника и степень пластической деформации оболочки. Модель может быть использована для определения оптимального диаметра ролика, исходной плотности шихты сердечника, толщины оболочки и размеров исходной порошковой ленты.

## УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ВИТРАТАМИ НА ОСНОВІ ПРОТИВИТРАТНОГО МЕХАНІЗМУ

Шевченко Н.Ю., Шматько А.В.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Функціонування підприємства в умовах ринкової економіки актуалізує проблему раціонального витрачання ресурсів, докорінного поліпшення управління витратами для забезпечення конкурентоспроможності продукції. Витрати на виробництво продукції, робіт (послуг) є індикатором діяльності підприємства; збільшення витрат може означати як зміни ситуації на ринку, так і недоліки у процесі виробництва. Витрати підприємства на виробництво продукції, виражені в грошовій формі, утворюють собівартість продукції.

Мета аналізу витрат на виробництво продукції полягає у виявленні можливості раціонального використання виробничих ресурсів, досягнення якої можливо за допомогою противитратного механізму. Основна ідея, що закладається в цей принцип, полягає в тому, що при зменшенні витрат на виробництво й росту споживчих властивостей, прибуток повинен збільшуватися. При цьому модель враховує витрати підрозділів як умову формування максимально прибутку на рівні підприємства (корпорації).

Для математичної формалізації спочатку для всіх цехів встановлюється єдиний мінімальний норматив рентабельності  $\rho_0$ . Після цього із всіх цехів ливарного виробництва ЗАТ "НКМЗ" збираються оцінки витрат на виконання робіт  $s_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Після збору інформації про витрати для кожного цеху керівництво фірми встановлює лімітну (максимальну) вартість робіт (максимальний обсяг фінансування):

$L_i = C - (1 + \rho_0) \left( \sum_{j=1}^n s_j - s_i \right)$ . Головною особливістю лімітної вартості робіт

$i$ -го цеху є той факт, що вона не залежить від величини оцінки витрат самого цього цеху. На основі лімітної вартості робіт визначається лімітна

рентабельність робіт цеху:  $\eta_i = \frac{L_i - s_i}{s_i}$ .

Знаючи мінімальний  $\rho_0$  і максимальний  $\eta_i$  рівні рентабельності, керівництво фірми визначає договірний рівень рентабельності:  $\rho_i = (1 - k)\rho_0 + k\eta_i$ ,  $k \in (0;1)$ . На основі розрахованого рівня

рентабельності визначається обсяг фінансування:  $c_i = (1 + \rho_i)s_i$ . У цьому випадку прибуток  $i$ -го цеху підприємства НКМЗ може бути представлений

у вигляді:  $\Pi_i = c_i - z_i - \alpha(s_i - z_i) = (1 + \rho_i)s_i - z_i - \alpha(s_i - z_i)$ , де  $\alpha$  – норматив додаткових відрахувань від надпланового прибутку.

Використання запропонованого механізму для управління витратами підприємства дозволить раціонально керувати його підрозділами. При цьому останнім не вигідно буде завищувати оцінки своїх власних витрат.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

Шевченко Н.Ю., Хоруженко Т.Є.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Економічна безпека підприємства передбачає стійкий розвиток (тобто збалансований і безупинний), що досягається за допомогою використання усіх видів ресурсів і підприємницьких можливостей, якими гарантується найбільш ефективно їх використання для стабільного функціонування та динамічного науково-технічного й соціального розвитку, запобігання внутрішнім і зовнішнім негативним впливам (загрозам). Однією з складових економічної безпеки виступає фінансова стабільність.

Процес забезпечення фінансової складової економічної безпеки підприємства може бути визначений як сукупність робіт для досягнення максимально високого рівня платоспроможності підприємства і ліквідності його оборотних коштів, підвищення якості планування та здійснення фінансово-господарської діяльності підприємства в усіх напрямках стратегічного і оперативного планування.

Оцінкою фінансової стабільності виступає рівень ризику банкрутства підприємства. Можна істотно підсилити підхід до аналізу ризику банкрутства, поєднуючи облік кількісних (фінансових) і якісних (індикаторних) показників, причому розглядаючи їх не тільки стаціонарно, але й у динаміці. Однак традиційні методи економічного аналізу та експертні оцінки не надають аналітикам такої можливості.

Методом поєднання кількісних та якісних показників при врахуванні фактору невизначеності є нечітка логіка. На відміну від традиційної математики, що вимагає на кожному кроці моделювання точних і однозначних формулювань закономірностей, нечітка логіка пропонує зовсім інший рівень мислення, завдяки якому творчий процес моделювання відбувається на найвищому рівні абстракції.

В даному випадку класифікація ступеня ризику поточного значення  $g$  показника ступеня ризику  $G$  як критерій розбивки цієї множини на підмножини в термінах нечіткої логіки має вигляд (табл. 1):

Таблиця 1 – Оцінки рівня ризику банкрутства підприємства

Інтервал значень $G$	Найменування підмножини
$0,8 < g < 1,0$	$G_1$ – "граничний ризик банкрутства"
$0,6 < g < 0,8$	$G_2$ – "ступінь ризику банкрутства висока"
$0,4 < g < 0,6$	$G_3$ – "ступінь ризику банкрутства середня"
$0,2 < g < 0,4$	$G_4$ – "низький ступінь ризику банкрутства"
$0...0,2$	$G_5$ – "ризик банкрутства незначний"

Використовуючи наведену класифікацію та механізм побудови функцій приналежності показника ризику певній підмножині, можна отримати його дійсне значення.



# ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНОЇ СИСТЕМИ РІЗЕЦЬ-СУПОРТ НА ВІБРОСТІЙКІСТЬ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

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

Основною причиною виникнення автоколивань при різанні є зміна площі зрізу та сили різання внаслідок відносного коливального руху інструменту і деталі. Зміною напрямку головних осей жорсткості пружної системи різець-супорт верстата відносно напрямку сили різання можна зменшити енергію самозбудження автоколивань та забезпечити вібростійкий процес різання в тому числі при обробці нежорстким інструментальним оснащенням. Для математичного опису пружної системи верстата виділено пружну систему різець-супорт, яка при обробці нежорстким інструментальним оснащенням здійснює домінуючий вплив на точність обробки деталей. Структурно динамічну модель пружної системи різець-супорт представлено у вигляді двох зосереджених зведених мас різцетримача та супорта з використанням головних координат. Для дослідження впливу процесу різання на характеристики еквівалентної розімкнутої пружної системи верстата використано залежність:

$$W_{роз}(i\omega) = W_{ПС}(i\omega) \cdot W_{ПР}(i\omega), \quad (1)$$

де  $W_{ПС}(i\omega)$  та  $W_{ПР}(i\omega)$  – передаточні характеристики пружної системи та процесу різання. Якщо АФЧХ кожного з елементів системи  $W_{ПС}(i\omega)$  та  $W_{ПР}(i\omega)$  не пересікають від'ємну частину дійсної осі, то АФЧХ розімкненої системи  $W_{роз}(i\omega)$  може її пересікати, викликаючи втрату вібростійкості системи. Таким чином, за виразом (1) для  $W_{роз}(i\omega)$  можуть бути розраховані значення граничної ширини зрізу  $b$  в першу чергу від таких параметрів пружної системи різець-супорт, як жорсткість та коефіцієнти демпфірування різцетримача, а також кут  $\beta$  розвороту головних осей жорсткості пружної системи різець-супорт.

Результати розрахунків частотних характеристик пружної системи різець-супорт при різних напрямках дії сили різання  $P(t)$  в діапазоні кута  $\alpha = 10...45^\circ$  показали, що при забезпеченні співвідношення  $\beta = \alpha/2$  завжди має місце значне зменшення амплітуд коливань. Таким чином, підбором напрямку головних осей жорсткості пружної системи різець-супорт відносно напрямку дії сили різання, можна зменшити енергію самозбудження автоколивань та забезпечити вібростійкий процес різання нежорстким інструментальним оснащенням.

# ПОСТРОЕНИЕ БИФУРКАЦИОННОЙ ДИАГРАММЫ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

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

Анализ специфических особенностей процесса резания позволяет сделать вывод о том, что диссипативный характер этого процесса со сложными непериодическими колебаниями сил относится к предметной области теории детерминированного хаоса. Реализуя концепции параметрического управления хаотической динамикой без обратной связи, можно вывести систему из хаотического на регулярный режим посредством внешних параметрических возмущений и тем самым снизить уровень вибрации за счет устранения автоколебаний в зоне резания путем модификации аттрактора динамической системы процесса резания.

Целью настоящей работы является построение линий бифуркации, ограничивающих пространство параметров скорости и глубины резания с эквивалентной топологией аттрактора динамической системы, позволяющих методами параметрического регулирования добиваться желаемой динамики процесса резания.

Для анализа условий возникновения вибраций рассмотрена упрощенная модель нерегенеративного резания, представляющая собой два ортогональных осциллятора, связанных нелинейными силами взаимодействия, зависимыми от скорости резания и толщины стружки.

При переборе значений плоскости параметров были найдены стационарные решения динамической системы, в результате чего определено, что фазовое пространство процесса резания имеет одну особую точку, тип которой зависит от бифуркационных параметров. После линеаризации системы в области особой точки и определения показателей Ляпунова в ней были построены бифуркационные линии в плоскости параметров скорости и глубины резания. Показано, что при переходе параметров через бифуркационные линии происходит процесс модификации аттрактора по сценарию Рюэля-Такенса, осуществляемый через последовательность бифуркаций Хопфа рождения предельного цикла из устойчивого фокуса, что приводит к появлению странного аттрактора в фазовом пространстве и возникновению хаотической динамики.

Таким образом, бифуркационная диаграмма дает возможность параметрического управления динамикой процесса резания (в частности, для предотвращения автоколебаний в станочной системе) и обоснованного выбора режимов резания.

# АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПО ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧЕ

Яровой Р.А.  
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Повышение производительности и снижение затрат обработки из твердых сплавов алмазным шлифованием может быть достигнуто применением систем адаптивного управления станком на базе цифрового регулятора с эталонной моделью. Данная система обеспечивает подбор оптимальных параметров шлифования, при которых увеличивается скорость обработки детали при сохранении заданных показателей качества.

Цель работы: разработка и анализ математической модели врезного шлифования по поперечной подаче с учетом влияние на динамику процесса шлифования, износа шлифовального круга, деформации упругой технологической системы, а также "следов" обработки и температурных прожогов.

При построении математической модели технологического процесса за регулирующее воздействие принята поперечная подача шлифовального круга  $S_{non}$ , а за выходную – радиальная составляющая силы резания материала заготовки  $F_y$ . Передаточная функция рассматриваемого объекта автоматизации получена в таком виде

$$W(p) = \frac{F_y(p)}{v_y(p)} = \frac{\frac{K_{pez}}{p} (1 - e^{-p\beta t_2})}{1 + \frac{1}{p} K_{pez} (1 - e^{-pt_2}) \cdot \left[ K_{yc} p + \frac{K_{ук}}{p\tau_{кр}} (1 - e^{-p\tau_{кр}}) + \frac{K_{m\partial}}{(t_{md}p + 1)} \right]}$$

Анализ передаточной функции выполнен в среде MATLAB, с помощью пакета прикладных программ (ППП) Control System Toolbox. Получены АЧХ, ФЧХ, годограф Найквиста.

Построенная математическая модель врезного шлифования по поперечной подаче шлифовального круга использована автором при разработке адаптивной системы по координатного управления станком.

## ЗМІСТ

<b>Азарова Н.В., Матюха П.Г.</b> Влияние способа правки алмазного круга на характеристики его рабочей поверхности .....	3
<b>Алиев И.С., Матвийчук В.А.</b> Разработка процесса волочения в калибрах танталовой проволоки и оборудования для его реализации .....	4
<b>Бартель Г.П.</b> Исследование и разработка технологии изготовления литых заготовок износостойкого штампового инструмента для холодной высадки .....	6
<b>Баулина Т.В.</b> Стратегические карты Balanced Scorecards в интеллектуальном менеджменте .....	7
<b>Богущий А.А., Бойко И.А.</b> Неметаллические включения в быстрорежущей безвольфрамовой стали .....	8
<b>Богущий А.А., Куций А.М.</b> Механизированная наплавка металлорежущего инструмента быстрорежущей сталью .....	9
<b>Богущий А.А., Свиридов А.В.</b> Азот в быстрорежущей наплавленной стали .....	10
<b>Васильченко Я.В.</b> Исследование формы образующейся стружки при глубоком сверлении стали и установление рациональных геометрических параметров стружкозавивательных канавок .....	11
<b>Виговський Г.М., Громовий О.А., Білявський М.Л.</b> Комп'ютерне моделювання глибини зміцнення плоскої поверхні деталі алмазним вигладжуванням .....	12
<b>Власов А.Ф., Лещенко А.И., Куций А.М.</b> Интенсификация электрошлаковых процессов .....	13
<b>Водолазская Н.В.</b> Особенности применения резьбовых изделий для сборки резинометаллических соединений .....	14
<b>Волков Д.А., Катренко В.Т.</b> Разработка присадочных материалов для электроконтактной наплавки слоев с регламентированным распределением свойств .....	15
<b>Волков Д.А., Катренко В.Т.</b> Определение прочности сцепления присадочного материала с основой при электроконтактной наплавке порошковой проволокой .....	16
<b>Гавриш П.А., Шевченко О.В.</b> Шаблон для визначення товщини наплавленого шару .....	17
<b>Гавриш П.А.</b> Исследование напряженно-деформированного состояния металла при пластической деформации сварного шва меди со сталью .....	18
<b>Гавриш Ю.П.</b> Особенности управления инновационным процессом сварочного производства на примере ЗАО "НКМЗ" .....	19
<b>Галицын В.К., Лазарева С.Ф.</b> Менеджмент информационных технологий в системе управления предприятием .....	20
<b>Галицин В.К., Дем'яненко В.В., Потапенко С.Д.</b> Модель розподілу витрат на виробничі роботи, що пов'язані з проведенням рекламної кампанії з урахуванням потенціалу збутової території .....	21
<b>Глоба А.В., Горобец П.И., Шевченко О.А.</b> Автоматизированная система поддержания эксплуатационных характеристик изделий из композиционных материалов применительно к летательным аппаратам .....	22
<b>Голуб Д.М., Давыдов В.А., Катренко В.Т.</b> Совершенствование способа изготовления порошковой проволоки для наплавки .....	23

<b>Голуб Д.М., Кравченко А.А., Катренко В.Т.</b> Совершенствование технологии изготовления порошковой проволоки .....	24
<b>Гринь А.Г., Бойко И.А.</b> Разработка порошковой проволоки с оболочкой из стали 65Г для наплавки .....	25
<b>Гринь А.Г., Ивасенко М.М.</b> Восстановление РЗМ из оксидов при плавлении самозащитной порошковой проволоки .....	26
<b>Гринь А.Г., Свиридов А.В., Ивасенко М.М.</b> Оптимизация режимов волочения порошковой проволоки .....	27
<b>Гузенко В.С., Бабин О.Ф., Аносов В.Л.</b> Фреза торцовая со ступенчатой схемой резания .....	28
<b>Гузенко В.С., Денщик Р.В.</b> Исследования статики и динамики металлорежущих станков .....	29
<b>Гулаков С.В., Бурлака В.В., Псарева И.С.</b> Моделирование формы сварочной ванны .....	30
<b>Гулаков С.В., Матвиенко В.В., Псарева И.С., Матвиенко Я.В., Ярыза-Стеценко А.В.</b> Изучение особенностей плавления флюса при электродуговой наплавке .....	31
<b>Гулаков С.В., Щербаков С.В.</b> Повышение надежности соединения при изготовлении составных изделий .....	32
<b>Гусев В.В., Калафатова Л.П.</b> Ограничения при выборе режимов резания при алмазном шлифовании технической керамики .....	33
<b>Данич В.Н., Демин М.К.</b> Синтез объектных моделей информационно-управленческих архитектур .....	34
<b>Дарченко Н.Д.</b> Матричный метод оцінки результативності персоналу машинобудівного підприємства .....	36
<b>Добронос Ю.К., Тимченко В.В.</b> Повышение качества сварных швов путем локальной термомеханической обработки горячей прокаткой .....	37
<b>Емельянов О.А., Славинский Р.Л.</b> Применение циклограмм для исследования сил взаимодействия в контакте колесо-рельс при работе крана .....	38
<b>Жариков С.В., Карпенко В.М.</b> Влияние экзотермической смеси на температуру плавления и вязкость шлака при наплавке самозащитной порошковой проволокой металла типа 8ХЗГСВ2Ф .....	39
<b>Жартовский А.В.</b> Влияние теплового взрыва на активацию диффузионных процессов на соединяемых поверхностях .....	40
<b>Жартовский А.В.</b> Образование наночастиц при пиролизе углеводородных материалов .....	41
<b>Зуева Л.М.</b> Моделирование процесса обработки прокатных валков с учетом надежности инструмента .....	42
<b>Ивченко Т.Г., Кузнецова А.В.</b> Повышение производительности чистового и тонкого точения за счет оптимизации режимов обработки .....	43
<b>Ивченко Т.Г., Петряева И.А.</b> Анализ возможностей повышение эффективности комбинированной лезвийной и упрочняющей обработки .....	44
<b>Кабацкий А.В., Кабацкий В.И., Ткачев А.И., Рабичев В.И.</b> Условия образования нитридов ванадия в металле низколегированных высокопрочных сварных швов .....	45

<b>Кобацкый А.В., Кобацкый В.И.</b> Оптимизация низколегированного высокопрочного металла сварных швов .....	46
<b>Кобацкый В.И., Кобацкый А.В.</b> Влияние легирующих элементов на структуру и свойства низколегированных высокопрочных сварных швов .....	47
<b>Казакова Т.В., Марчук Е.В.</b> Исследования напряженно-деформированного состояния сборного инструмента .....	48
<b>Казакова Т.В.</b> Модель диагностики и обслуживания режущего инструмента в среде технологической системы .....	49
<b>Калафатова Л.П., Поезд С.А.</b> Оптимизация процессов механической обработки деталей из хрупких неметаллических материалов .....	50
<b>Калафатова Л.П., Поезд С.А.</b> Влияние смазочно-охлаждающих технологических сред на тепловые и силовые характеристики процесса шлифования при обработке хрупких неметаллических материалов .....	51
<b>Киричок П.О., Кушик В.Г.</b> Підвищення якості обробки деталей на токарних верстатах .....	52
<b>Клименко Г.П., Андронов А.Ю.</b> Статистические исследования вероятности разрушений инструмента для тяжелых станков .....	53
<b>Клименко Г.П., Андронов А.Ю., Хоменко А.В.</b> Исследования факторов стабильности процесса эксплуатации инструмента на тяжелых станках .....	54
<b>Клименко Г.П., Ткаченко Н.А.</b> Вероятностный подход к определению размерной стойкости инструментов .....	55
<b>Клименко С.А., Копейкина М.Ю.</b> Повышение работоспособности режущего инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ .....	56
<b>Клименко С.А., Манохин А.С.</b> Определение составляющих силы резания при "бреющем" точении .....	58
<b>Ковалев В.Д., Гаков С.А., Ветчинина Ю.Е.</b> Пути повышения эффективности обработки колесных пар на колесотокарных станках .....	60
<b>Ковалев В.Д., Куриленко Я.С.</b> Система управления точностью тяжелых станков с ЧПУ на основе динамической коррекции траекторий формообразующих движений .....	61
<b>Ковалев В.Д., Пономаренко А.В., Байракова Ю.О.</b> Управление геометрической точностью исполнительных органов методами адаптивного регулирования параметров гидростатических опор .....	62
<b>Ковалевская Е.С.</b> Моделирование упругих перемещений при контурном фрезеровании на станках с ЧПУ .....	63
<b>Косолап Д.Н.</b> Исследование характеристик магнитного оптического дефлектора ...	64
<b>Косячков В.А., Фесенко М.А., Фесенко А.Н.</b> Дифференцированное модифицирование чугуна в литейной форме для изготовления двухслойных и двухсторонних отливок .....	65
<b>Кривошея А.В., Данильченко Ю.М., Пастернак С.И., Кривошея В.В.</b> Методика оцінки характеристик спряження зубчастих ланок на етапі проектування .....	66
<b>Крижанівський В.Б.</b> Комп'ютерна модель для визначення параметрів обробки, які забезпечують задані геометричні характеристики плоскої поверхні .....	67
<b>Крупко В.Г., Бондаренко Т.Р., Белкина Е.Ю., Белкина М.Ю.</b> Исследование влияния конструкций движителей экскаваторов на удельную энергоемкость передвижения .....	68

<b>Кур'ята П.В.</b> Визначення температури різання при чистовому фрезеруванні плоских поверхонь .....	69
<b>Лебедев Ю.М., Петренко В.А.</b> Оптимізаційна модель розрахунку параметрів режиму зварювання при виготовленні судокорпусних конструкцій .....	70
<b>Левченко Е.А.</b> Качество поверхности при термофрикционной обработке плоскостей с применением вибраций .....	71
<b>Лепя Н.Н., Поникарчук А.М.</b> Диверсификация производства как фактор повышения конкурентоспособности предприятий машиностроения .....	72
<b>Лепя Р.Н., Охтеня А.А.</b> Особенности моделирования деятельности предприятий с использованием инструментария IDEF0 .....	73
<b>Лубенец С.В.</b> Причины и очаги зарождения трещин в сварных крановых мостах ...	74
<b>Лукьянов И.А., Таровик Н.Г.</b> Прогнозирование остаточного режимного ресурса грузоподъемных кранов в аппаратуре регистрации параметров .....	75
<b>Макаркина А.В., Кутепов Н.Л., Таган А.В.</b> Имитационное моделирование процесса обслуживания оборудования производственного подразделения машиностроительного предприятия .....	76
<b>Маковецкий А.В., Чередниченко В.И.</b> Разработка оборудования и инструмента для современной давяльной обработки .....	77
<b>Маковецкий А.В.</b> Усовершенствование техпроцесса получения изделий типа "балка" из титановых сплавов ВТ .....	78
<b>Маковецкий В.В.</b> Совершенствование получения штамповок из титановых сплавов .....	79
<b>Мальшко И.А., Киселева И.В.</b> Пути повышения производительности ГПС .....	80
<b>Мартынов А.П., Ковалев Д.Г.</b> Взаимозаменяемость с учетом альтернативных стандартов .....	82
<b>Матвиенко В.Н., Степнов К.К., Заварика Н.Г., Матвиенко Я.В.</b> Разработка установки для наплавки деталей металлургического оборудования .....	83
<b>Мельник М.С.</b> Определение совокупности параметров технологической системы оказывающих доминирующее влияние на точность обработки на тяжелых токарных станках .....	84
<b>Мельников О.Ю., Самохин Є.Ю.</b> Проектування системи складання калькуляції продукції промислового підприємства .....	85
<b>Мироненко Е.В., Васильева Л.В., Гах В.М.</b> Исследование стойкости и прочности резцов .....	86
<b>Мироненко Е.В., Калинин В.В.</b> Принципы разработки моделей для выбора режимов резания при чистовом точении сталей резцами с твердосплавными режущими пластинами, подвергнутыми упрочняющей обработке .....	87
<b>Мироненко Е.В., Колесник В.Ф.</b> Управление процессом резания при снятии больших сечений среза .....	88
<b>Мирошниченко Ю.В.</b> Определение остаточных напряжений с помощью метода акустической эмиссии .....	89
<b>Мицьк В.Я.</b> Особенности выбора свободной рабочей среды при обработке деталей в вибрирующих резервуарах .....	90

<b>Мишура Е.В.</b> Разработка и применение методологии структуризации проектирования производственных процессов .....	91
<b>Музыкант Я.А., Гузенко В.С., Ковалев Д.Г.</b> Исследование эффективности подвода СОЖ в зону резания при отрезке .....	92
<b>Неченаев В.Г., Гнитко А.Н.</b> Определение экономической эффективности применения устройств удаления стружки при фрезеровании пазов .....	93
<b>Новоселов Ю.К., Братан С.М., Покинтелица Н.И.</b> Управление операцией термофрикционной обработки плоских поверхностей .....	94
<b>Онищук С.Г., Лобунец Е.Ю.</b> Механизм воздействия магнитного поля на кристаллическую решетку металла при комбинированной поверхностно-пластической обработке .....	95
<b>Павленко І.І., Годунко М.О.</b> Структурні особливості будови та функціонування захватних пристроїв промислових роботів .....	96
<b>Павлов І.О., Жидков А.Б.</b> Снижения залишковых напряжений у зварних металлоконструкциях вібраційною обробкою .....	97
<b>Пацюра А.П.</b> Инструмент для глубокого растачивания отверстий больших диаметров .....	98
<b>Плис С.Г., Карпенко В.М.</b> Жгутовая самозащитная порошковая проволока .....	99
<b>Полунан И.И.</b> Анализ условий эксплуатации сборных резцов при обработке колесных пар локомотивов .....	100
<b>Придальний Б.І.</b> Стенд для дослідження високошвидкісних затискних механізмів .....	101
<b>Равская Н.С., Клименко Г.П., Андронов А.Ю., Скрынник П.В.</b> Статистическое моделирование эксплуатационной прочности инструментов .....	102
<b>Рамазанов С.К., Припотень В.Ю.</b> Многокритериальное управление безопасностью предприятия в условиях смешанной неопределенности .....	103
<b>Решетник Н.А.</b> Управление операционными затратами машиностроительного предприятия на основе сетевых моделей распределения ресурсов .....	104
<b>Роганов Л.Л., Абрамова Л.Н., Абрамова Е.Н.</b> О некоторых возможностях регулирования зазоров в направляющих металлорежущих станков .....	105
<b>Савченко Н.А., Субботин О.В.</b> Применение нейронных сетей в энергетических системах .....	106
<b>Святков С.В.</b> Автоматизированное управление динамическими производственными системами .....	107
<b>Семенов В.М.</b> Малоотходная технология электрошлаковой сварки тонколистовых конструкций .....	108
<b>Семенов В.М., Ярмонова М.В.</b> Температурный интервал хрупкости при электрошлаковой сварке .....	109
<b>Сердюк А.А., Борискина Н.А.</b> Разработка схемы алгоритма оптимизации режимов резания с помощью игровых подходов .....	110
<b>Смирнова М.А., Шалыгина Е.И.</b> Оценка гармонического состава токов и напряжений в переходных режимах электромеханических систем .....	111
<b>Стрелков В.Б., Полтавец В.В.</b> Особенности назначения режимов алмазного шлифования твердых сплавов с периодическими электроэрозионными воздействиями на рабочую поверхность круга .....	112



<b>Тулупов В.И.</b> Исследование технологических возможностей электромеханического чистового точения металлов с применением импульсных токов .....	113
<b>Харламов Ю.А.</b> Новые процессы фрикционной обработки конструкционных материалов .....	114
<b>Цыганаш В.Е., Винников В.А., Белоиваненко Ю.С.</b> Разработка модели-эталона для адаптивной системы мощного потребителя электроэнергии .....	115
<b>Чекулаев Е.Ф., Катюха Б.Ю.</b> Исследование эффективности удаления печной окалины с применением различных конструкций коллекторов .....	116
<b>Чередниченко С.П.</b> Исследование применения полиморфного превращения $\beta$ -олова в $\gamma$ -олово для синтеза алмазов в системе железо-углерод-олово .....	117
<b>Чигарев В.В., Грибков Э.П., Кассова Е.В.</b> Технологические особенности наплавки порошковой лентой .....	118
<b>Шевченко Н.Ю., Шматько А.В.</b> Управління виробничими витратами на основі противитратного механізму .....	119
<b>Шевченко Н.Ю., Хоруженко Т.Є.</b> Використання принципів нечіткої логіки для оцінки економічної безпеки підприємства .....	120
<b>Шевченко О.В.</b> Вплив параметрів пружної системи різець-супорт на вібростійкість токарної обробки .....	121
<b>Шишкин А.В., Сердюк А.А.</b> Построение бифуркационной диаграммы для параметрического управления хаотической динамикой процесса резания .....	122
<b>Яровой Р.А.</b> Анализ математической модели врезного шлифования по поперечной подаче .....	123

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ**  
**V Міжнародної**  
**науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,  
протокол №11 від 31.05.2007

Підп. до друку 31.05.2007  
Ум. друк. арк. 8,25.  
Тираж 100 прим.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Обл.-вид. арк. 6,0.  
Зам. № 108

---

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