

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Н. Э. БАУМАНА  
СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО имени Н. Е. ЖУКОВСКОГО  
НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



**Третья Всероссийская студенческая  
научно-техническая конференция  
«Машиностроительные технологии»**

**22 - 25 марта 2010 года**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ**

МОСКВА - 2010 г.



Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана



Научно-учебный комплекс «Машиностроительные  
технологии»



СБОРНИК ТЕЗИСОВ  
ТРЕТЬЕЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ  
«СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА 2010:  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

МОСКВА – 2010

## ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Вы держите в руках сборник, в который вошли работы участников третьей Всероссийской научно–технической конференции студентов «Студенческая научная весна 2010: Машиностроительные технологии».

Цель конференции – предоставить студентам возможность рассказать о самостоятельно выполненных научно–исследовательских проектах, обменяться идеями и опытом, соотнести уровень собственных разработок с работами других студентов.

Задачи конференции: накопление опыта студентами по разработке и предоставлению законченных проектов; формирование мотивации к изучению предметов специальности; информирование и обучение студентов; формирование интереса к специальности и профориентации абитуриентов; интегрирование студентов в сообщество инженеров; подтверждение уровня знаний дипломами и победами в конкурсах, что может быть использовано студентами в дальнейшем при устройстве на работу и для продолжения обучения.

Факультет «Машиностроительные технологии» один из самых старейших в МГТУ им. Н. Э. Баумана, сейчас ему более 140 лет. Он был создан в 1868 году, когда Императорское московское техническое училище получило статус высшего специального заведения и приступило к подготовке инженерах на отделениях: «Инженерно-механическом» и «Инженерно-технологическом».

Острая необходимость в таких инженерах–универсалах для России была обусловлена выдающимися фундаментальными научными открытиями и техническими изобретениями того времени, которые в истории техники названы промышленным переворотом. Его важным результатом стало возникновение отрасли машиностроения, выпускающей машины для других фабрик и заводов. Так началась подготовка квалифицированных инженеров, способных создавать технологические процессы обработки материалов, конструировать и создавать машины для промышленности.

Сегодня факультет готовит инженеров широкого профиля с фундаментальным университетским образованием и специальной профилирующей подготовкой на 12 кафедрах по металлорежущим станкам и оборудованию; инструментальной технике и технологии; технологии машиностроения; метрологии и взаимозаменяемости; литейным технологиям; технологии обработки давлением; технологии сварки и диагностики; материаловедению; оборудованию и технологии прокатки; электронным технологиям в машиностроении; лазерным технологиям в машиностроении; технологии обработки материалов.

Основатели научных школ факультета – проф. И. М. Беспрозванный, проф. А. П. Гавриленко, проф. Г. М. Головин, проф. А. И. Зимин, проф. В. М.

Кован, акад. Г. А. Николаев, проф. Н. Н. Рубцов, проф. М. А. Саверин, проф. И. И. Сидорин, проф. К. К. Хренов, акад. А. И. Целиков.

В настоящее время двенадцать профилирующих кафедр факультета готовят инженеров, бакалавров и магистров. На кафедрах факультета работают 268 преподавателей, которые обучают 2000 студентов, более 100 аспирантов, около 100 зарубежных студентов из 12 стран. Студенты проходят стажировку во Франции, Канаде, Германии, Японии.

На факультете работают более двадцати лауреатов Государственных премий и премий Правительства РФ. Учебный процесс ведут 54 профессора, доктора технических наук, 191 доцент, кандидаты наук, 23 старших преподавателя и 17 ассистентов. Среди преподавательского состава 13 действительных членов и членов корреспондентов отраслевых академий. Кафедры факультета являются ведущими в России, активно сотрудничают с университетами Германии, Франции, Великобритании, США, Канады, Китая, Японии. Исследования, проводимые учеными факультета, отражают мировые тенденции развития промышленного общества.

Всероссийская научно – техническая конференция студентов позволит дать общую оценку уровня профессиональной и научной подготовки студенчества из технических вузов России и других стран и расширить их кругозор по многим направлениям науки. Желаем успеха всем участникам конференции и ждем Вас в следующем году.

**Секция 1**  
**Металлорежущие станки и оборудование**

УДК 62.822

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ РАЗЛИТЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Екатерина Александровна Егорова<sup>(1)</sup>, Никита Сергеевич Рошин<sup>(2)</sup>,  
Илья Андреевич Ильин<sup>(3)</sup>

*Студентка 4 курса<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>, ученик 9 класса<sup>(3)</sup>,  
Кафедра «Металлорежущие станки и оборудование»  
Санкт-Петербургский институт Машиностроения*

*Научный руководитель: М.И. Ильин,  
д.т.н., профессор кафедры «Металлорежущие станки и оборудование».*

В лаборатории перспективных разработок (ЛПР) Санкт-Петербургского института машиностроения проводятся поисковые, опытно-конструкторские и экспериментальные работы по разработке способов и устройств, позволяющих интенсифицировать различные технологические процессы.

Проведенные поисковые работы служат основой для разработки опытно-промышленного образца и его апробации в производственных условиях.

### **Устройство для очистки воды от разлитых нефтепродуктов (Патент РФ № 2130430, 1999г.)**

Основным рабочим органом устройства является ротор, поверхность которого активно взаимодействует с нефтепродуктами, находящимися на поверхности воды. Ротор имеет специальную поверхность и снабжается соответствующим скребком, прилегающим к ротору. К скребку присоединяется желоб для отвода нефтепродуктов в бак, в котором установлен регулятор уровня с датчиком и насос. Для крепления узлов и деталей предусмотрена рама, установленная с возможностью поворота в опорах корпуса. При этом центр тяжести устройства должен находиться слева от опор. На раме размещен привод и передача вращения ротора, регулировочный груз с направляющей для балансировки устройства и установки рациональной глубины погружения ротора, опоры, в которой размещены подшипники вала ротора. К опорам в их нижней части прикреплены на шарнирах поплавки. Использование шарнирного крепления рамы в опорах позволяет приблизить центр тяжести устройства к опорам и оставить для поддерживающей (Архимедовой) силы поплавков весьма малую часть веса устройства. Поплавки в этом случае имеют небольшие размеры, их основное назначение – обеспечить и поддерживать постоянной глубину погружения ротора. Рациональная глубина погружения ротора

достигается соответствующим смещением груза по направляющей. При смещении груза влево глубина погружения ротора возрастает и наоборот.

Устройство работает следующим образом: после установки устройства с помощью груза заданной глубины погружения ротора, включается привод, который с помощью передачи приводит во вращение ротор. Ротор своей рабочей поверхностью захватывает нефтепродукты и транспортирует их в процессе вращения к скребку, где они удаляются с поверхности ротора и по желобу поступают в бак, откуда периодически откачиваются насосом, включаемым регулятором уровня с датчиком.

### **Назначение и область применения**

Установка для очистки воды от нефтепродуктов (нефтесборник) предназначена для сбора нефтепродуктов с поверхности водоема в стационарных и заводских условиях, а также в режиме ЧП в случаях залповых выбросов нефтепродуктов на озерные, речные и шельфовые акватории.

Нефтесборник имеет следующие преимущества:

- непрерывность действия;
- гарантированное обеспечение рациональной глубины погружения ротора;
- высокую производительность;
- оригинальную олеофильную конструкцию поверхности ротора, обеспечивающую её активное взаимодействие с нефтепродуктами.

### **Технические характеристики нефтесборников**

№ п/п	Параметр	Модель		
		НС - 22	НС - 50	НС - 100
1.	Производительность, т/час	0,65...1,5	7 - 12	11 - 25
2.	Диаметр ротора, мм	220	500	1000
3.	Длина ротора, мм	600	1250	2000
4.	Мощность привода ротора, кВт	0,8	1,6	2,2
5.	Габариты:	1340	1500	2150
	Длина	2380	3200	5600
	Ширина	1000	1400	2700
	высота	1450	1800	3300
6.	Масса, кг	74	150	540
		120	260	1100

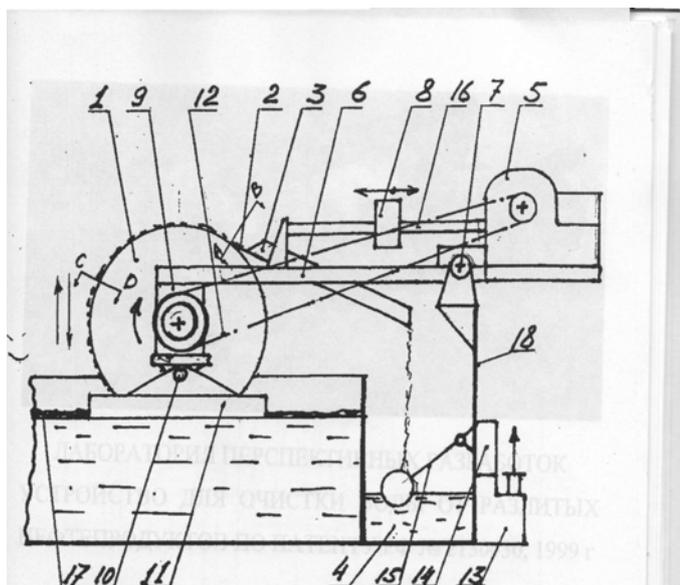
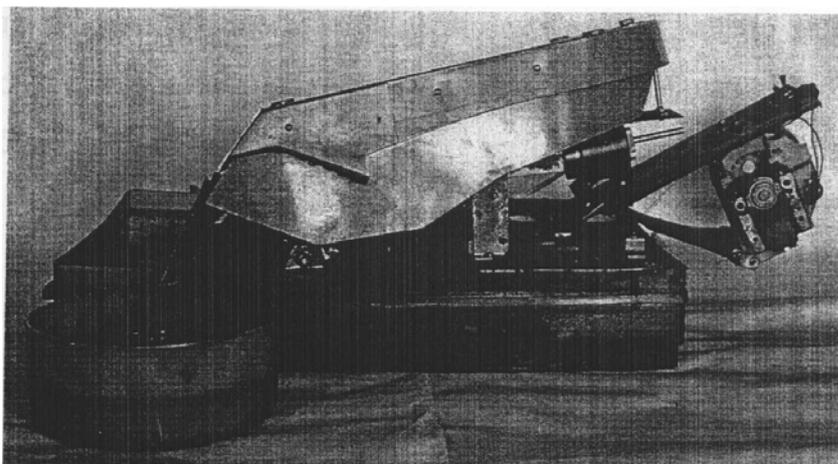


Рис. 2.8. Устройство для очистки воды от различных нефтепродуктов: 1 - ротор, 2 - скребок, 3 - желоб, 4 - бак, 5 - привод, 6 - рама, 7 - опора, 8 - груз, 9 - опора, 10 - шарнир, 11 - поплавок, 12 - передача, 13 - насос, 14 - регулятор уровня, 15 - датчик регулятора уровня, 16 - направляющая, 17 - нефтепродукты, 18 - корпус.



ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК  
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ РАЗЛИТЫХ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ПАТЕНТУ РФ  
№ 2130430, 1999 г.

### Литература

1. Ильин М.И. "Устройство для очистки воды". Патент РФ №2130430, Бюл. №14, 1999г.

УДК 621.01

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫМ МОДУЛЬНЫМ РОБОТОМ УМР-3-0 И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Карпов Алексей Александрович

*Студент 3 курса,  
кафедра МТ-1 «Металлорежущие станки»,  
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Вуколов А.Ю.  
ассистент кафедры РК-2 «Теория механизмов и машин»,  
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

При преподавании робототехнического раздела курса теории механизмов и машин студентам машиностроительных специальностей существует весьма актуальная задача: доступно продемонстрировать основные принципы робототехники на конкретных примерах, желательно даже реальных устройствах. Кроме того, для повышения эффективности преподавания успевающим студентам – необходимо предоставить возможность самостоятельного создания, отладки и испытания ПО управления робототехническими устройствами. Естественным методом решения подобной задачи является использование имеющегося оборудования. Участие же в ремонте и модернизации реального устройства позволяет студенту приобрести практические навыки работы с робототехническими системами.

В составе лабораторного оборудования кафедры теории механизмов имеется ортогональный трехкоординатный модульный робот УМР-3-0 (рис.1) с блоком управления. Особенности данной системы таковы:

- Ограниченная функциональность (неуправляемые по скорости двигателя, с остановом путем закорачивания обмотки возбуждения);
- Наличие миниатюрной фрезы в качестве рабочего органа;
- Работа в прямоугольной системе координат;
- Наличие концевых датчиков в каждой степени свободы, а также датчиков позиционирования, обеспечивающим точность измерения положения ползуна степени до 0.5 мм;
- Связь с управляющим компьютером по интерфейсу LPT с эмуляцией системы команд ЦПУ архитектуры 8255;
- Чтение и запись данных в порте LPT по одним и тем же линиям (с изменением режима работы порта);
- Принудительный опрос датчиков без возможности реализации прямой обработки события изменения состояния порта.

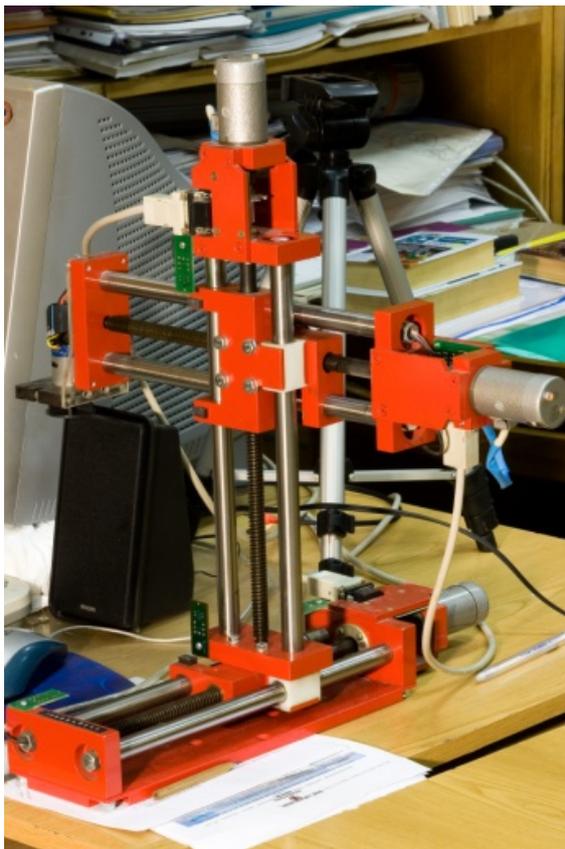


Рис. 1. Робот УМР-3-0

С учетом потребностей процесса преподавания курса теории механизмов для модульного робота был разработан набор ПО, включающий:

- Набор стандартизованных процедур управления роботом, учитывающий особенности операционной среды WinNT, объединенный в библиотеки на языках C++ и Object Pascal;
- Программу, реализующую управление роботом на уровне регистров;
- Программу, реализующую опосредованное управление роботом с клавиатуры, для демонстрации процесса наладки реальной системы при выполнении лабораторных работ;
- Программу, имеющую в составе синхронизированную 3D-модель, реализующую и наглядно демонстрирующую общие принципы организации производства с использованием робота;

Внедрение робота в учебный процесс (лабораторный практикум) по курсу теории механизмов позволяет существенно повысить эффективность преподавания робототехнического раздела курса. Студенты хорошо воспринимают демонстрируемые на реальном примере основные принципы робототехники. Дополнительно, успевающим студентам предоставляется возможность самостоятельно реализовывать и проверять авторские алгоритмы управления реальной робототехнической системой.

## Литература

1. Учебные модульные роботы: техническое описание. Росучприбор, 2002. <http://www.rosuchpribor.ru/russian/Prof2007/robot/umr-2m.html>
2. *Тарабарин В.Б., Кузенков В.В., Фурсяк Ф.И.* Лабораторный практикум по теории механизмов и машин. М., МГТУ, 2009
3. WinIO.sys help and user guide for Object Pascal and C++ Builder users (2006). Open source. Available from Yariv Kaplan [http://www.internals.com/utilities\\_main.htm](http://www.internals.com/utilities_main.htm)
4. *A. Golovin, M. Ceccarelli:* Usage of real mechanisms and models in Machines and Mechanisms Theory course trainings: the album of illustrations. Registration Cert. №16335, 21.05.2009/State registration cert. №0320900972
5. *A. Golovin, D. Saschenko:* Expert Judgment of Mechanical parts of Robotics. Edited by S. Jatsun. Vibration Machines and technology: Proceedings of Scientific and Technical Conference. – Kursk (2008). Pp. 834-841.

УДК 621.3.049.77

## СОЗДАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ

Куренков Виктор Александрович

*Студент 6 курса, студент 6 курса.*

*Кафедра «Металлорежущие станки и комплексы»*

*Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Ю.В. Никулин,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и комплексы»*

В данной работе рассматривается устройство привода шагового двигателя для разрабатываемой системы числового программного управления станками. Основу привода составляют программируемые микроконтроллеры. Для изучения поведения двигателя на разных скоростях вращения и отладки системы была разработана программа, позволяющая включать и выключать двигатель, а также менять направление и скорость вращения.

В разработанном приводе для металлорежущего станка применяется двигатель ШД-5Д1, он имеет функциональную конструкцию на основе переменного магнитного сопротивления ротора.

Такие привода можно использовать в станках малой и средней мощности. Шаговый электродвигатель ШД-5Д1 имеет шесть обмоток, ток в которых должен коммутироваться последовательно согласно режиму шага или полушага. Решение этой задачи полностью выполняется микроконтроллером Mega162. За каждый шаг двигатель отработывает 1,5 градуса поворота ротора.

Одной из особенностей управления этим приводом является то, что ток в обмотках зависит от частоты вращения двигателя. Кроме того при коммутации сигнала отработки шага, зависимость тока в обмотке от времени имеет не прямоугольную форму, а некий всплеск с затухающим процессом. В момент всплеска ток в обмотках превышает допустимые значения в несколько раз, а в момент затухающего процесса возможен пропуск шага. Для того, чтобы решить эту проблему была предусмотрена обратная связь по току. Она позволяет поддерживать нормальный режим работы двигателя при всех частотах вращения. Ограничение тока в данной схеме осуществляется с помощью ШИМ.

В силовой части привода станка применены мощные полевые транзисторы. Это позволило существенно уменьшить энергетические потери, так как нам в данном случае нет необходимости применять токоограничивающие резисторы.

Дальнейшие исследования нацелены на применение микрошагового управления, что позволит сделать работу двигателя более плавной. Кроме того, при применении микрошага, практически исчезнет та грань минимального угла поворота, который может отработать шаговый двигатель.

Остаются открытыми вопросы по исследованию переходных процессов при коммутации сигналов, совершенствованию обратной связи по току и адаптируемости СУ под любой шаговый двигатель.

При выполнении рассматриваемой работы преследовались цели детального изучения систем управления приводами, попытка создания гибкой СУ, которая могла бы адаптироваться под любой ШД. Это позволит управлять шаговым двигателем так, чтобы он всегда находился в оптимальных режимах работы.

### **Литература**

1. *Рубашкин И.Б., Алешин А.А.* Микропроцессорное управление режимом металлообработки. Л.:Машиностроение.Ленингр.отделение,1989.-160с.
2. *Белов Л.В.* Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR., 2008, Спб., Изд-во: Наука и техника.

УДК 685.644.2

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

Ширшов Андрей Геннадьевич<sup>(1)</sup>, Савченко Анатолий Владимирович<sup>(2)</sup>

*Студент 5 курса<sup>(1)</sup>*

*Кафедра «Металлорежущие станки и станочные комплексы»*

*Московский государственный технический университет*

*Студент 6 курса<sup>(2)</sup>*

*Кафедра «Компьютерные системы и сети»*

*Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.В.Сюзев,*

*доктор технических наук, заведующий кафедры «Компьютерные системы и сети»*

Как известно, для воспитания физически выносливого и сильного человека последнему необходимо выполнять физические упражнения. При этом физическая подготовка будет эффективной, если человек некоторое действие, заложенное в данном упражнении, выполняет не один-два раза, а многократно, причем выполнение упражнения осуществляется в несколько подходов. В частности, необходимо, чтобы человек в каждом подходе подтягивался примерно 15-20 раз.

Однако разные люди имеют на старте разные физические возможности, и не все могут подтянуться хотя бы 10 раз. С целью помочь таким людям был разработан специальный тренажер для подтягивания.

Новый тренажер умеет «сбрасывать» с человека часть его веса и тем самым позволяет подтягиваться человеку 15-20 раз. Постепенно наращивая нагрузку, можно довести человека до требуемого физического состояния.

Прототип нового тренажера уже стоит в манеже спорткомплекса МГТУ им. Н. Э. Баумана. Испытания показали, что такой тренажер идеально подходит для подготовки физически слабых людей. После того, как стало очевидно, что данная разработка является перспективной, было принято решение о существенной доработке этого тренажера.

Основной целью доработки является решение задачи интеллектуального регулирования нагрузки самим тренажером и его оснащение счетчиком подтягиваний. Суть интеллектуального регулирования нагрузки заключается в том, что, если, например, при десятом подтягивании человеку немного не хватает сил подтянуться, тренажер должен самостоятельно помочь ему.

Принцип работы нового тренажера будет состоять в следующем. С человека снимают антропометрические данные и приблизительно выставляют начальные значения веса, сбрасываемого с человека. Потом на него наклеивают несколько датчиков. В процессе подтягивания тренажер

благодаря информации, идущей с датчиков, определяет, устал человек или нет. Если человеку не хватает сил подтянуться, тренажер самостоятельно сбрасывает часть его веса.

Особенностью процесса разработки как самого тренажера, так и программного обеспечения к нему, является использование T-Flex Cad. Использование мощных параметрических возможностей этой программы позволило максимально увеличить эффективность как научных исследований, так и конструкторских работ. Использование T-Flex как основы для разработки программного обеспечения, под управлением которого будет работать тренажер, предоставит пользователю простой и интуитивно понятный интерфейс.

Также в разрабатываемую программу будет встроена разработка T-Flex 2D Man 2.0, которая позволяет T-Flex'у рисовать и управлять параметрическими двухмерными манекенами. Эти манекены будут схематично показывать человека на самом тренажере.

Создание интеллектуального тренажера откроет новую страницу в истории физического воспитания человека. Создавая подобные тренажеры для других упражнений, можно будет гибко подходить к вопросу физического воспитания вообще.

### **Литература**

1. Описание грузоблочного тренажера фирмы VASIL.  
<http://www.vasilgym.com/russian/products/gym/universalgym/B.335/&s=noc195195750253040>

УДК 621.9.06

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАСЧЕТУ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЛОВ НА ОПОРАХ КАЧЕНИЯ.

Михаил Викторович Ломов

*Студент 6-го курса, гр.МТ1-Д2, кафедра “Металлорежущие станки”,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: П.М. Чернянский,  
д.т.н., профессор кафедры “Металлорежущие станки”  
МГТУ им. Н.Э. Баумана.*

Физически обоснованный, проектный расчет шпиндельных узлов стал возможен с одновременным учетом жесткости шпинделя и его опор. Впервые подобный подход был предложен инженером Поповичем Б.Г. в 1956 г. для двухопорного шпиндельного узла.

В 1969 г. проф. Чернянский П.М. предложил принципиально новый метод расчета шпиндельных узлов, в том числе прогиба  $y$  и угла наклона  $\theta$  оси шпинделя. В его основу положено дифференциальное уравнение упругой линии балки, лежащей на упругом основании.

$$EIy(z) = p(z), \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости первого рода материала шпинделя;  $I$  – момент инерции сечения относительно оси  $x$ ;  $y$  – смещение оси шпинделя по длине  $z$ ,  $p(z)$  – функция, вид которой зависит от внешней нагрузки.

Предлагаемый метод не противоречит другим уже существующим методам расчета, впервые делает возможным расчет шпиндельных узлов (валов) с любым числом подшипников в опорах и позволяет определить: оптимальное расстояние между подшипниками шпинделя, оптимальное число подшипников в опорах, жесткость шпиндельных узлов, нагрузку на каждый подшипник в опорах, прогиб и угол наклона оси шпинделя в любом его сечении. Так же с помощью данного метода возможно оценить необходимость использования простановочных колец и уточнить расчетную схему при использовании двухрядных цилиндрических подшипников в опорах и жестком креплении шкивов на шпинделе для многоопорных шпиндельных узлов.

При этом другие существующие методы расчета шпиндельных узлов имеют ряд недостатков. Например, при использовании метода конечных элементов [1] не до конца ясна проблема ввода в расчет контактных деформаций в опорах качения. К тому же требуется составление новой расчетной модели при изменении конструктивных параметров шпиндельного узла.

Введение в расчет «защемляющего момента», которое предлагается в работе [2], предполагает использование экспериментальных данных, определяемых для конкретной конструкции. Следовательно, возникают сложности при его использовании на стадии проектирования.

Предлагаемый метод расчета прошел экспериментальную проверку. Если точно известна жесткость опор-подшипников, то расчетные и экспериментальные результаты исследования практически совпадают. При этом выполняется расчет с учетом нелинейной жесткости опор. Результаты расчетов, выполненных с помощью этого метода, практически совпадают с результатами аналогичных расчетов, приводимых фирмой SKF в своих публикациях [3].

### **Литература**

1. *Левина З.М., Зверев И.А.* Расчет статических и динамических характеристик шпиндельных узлов методом конечных элементов. Станки и инструмент., 1986г., №10
2. *Лизагуб В.А.* Повышение точности и производительности обработки на основе анализа проектных параметров шпиндельного узла на опорах качения металлорежущих станков. Дисс. д.т.н. М.: 2002 г.
3. *Левин, Халл* Шпиндельные узлы для станков с высокими эксплуатационными свойствами. Прецизионные подшипники SKF. Швеция, 1992г., 142 с.

**Секция 2**  
**Инструментальная техника и технологии**

УДК 621.941

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА С АЛМАЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ ПРИ ТОЧЕНИИ СПЛАВА Д16Т

Виноградов А. В.<sup>(1)</sup>, Ашкинази Е. Е.<sup>(2)</sup>, Ральченко В.Г.<sup>(2)</sup>, Азарова Е.В.<sup>(3)</sup>,  
Виноградов Д. В.<sup>(4)</sup>

*Студент 6 курса<sup>(1)</sup>,*

*Кафедра «Инструментальная техника и технологии»*

*Московский государственный технический университет*

*<sup>(2)</sup> Государственное учреждение Российской академии наук Институт  
общей физики им. А.М.Прохорова РАН (ИОФ РАН)*

*<sup>(3)</sup> Московский институт стали и сплавов*

*<sup>(4)</sup>*

*Научный руководитель: Ашкинази Е.Е.,  
кандидат технических наук, доцент*

Отказ от применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), выделяющих при механической обработке вредные для здоровья аэрозоли является актуальной экологически важной задачей. При точении легких цветных металлов, таких как алюминий и его сплавы, отказаться от СОЖ можно лишь при условии снижения коэффициента трения и увеличения теплоотвода из зоны резания. Из известных сверхтвердых материалов наименьшим коэффициентом трения и рекордной теплопроводностью обладает алмазное покрытие. Однако при прямом нанесении на твердый сплав (ТС) покрытий из алмаза, неизбежно возникают остаточные напряжения, которые могут привести к сколу, разрушению алмазного покрытия ввиду различий в коэффициентах теплового расширения (КТР): алмаза -  $1,1 \cdot 10^{-6}$  м/°С и твердого сплава –  $4,5 \cdot 10^{-6}$  м/°С.

В настоящей работе исследованы режимы резания сплава Д16Т пластинами с поликристаллическим алмазным покрытием, осажденным на ТС ВК6, при силовом точении, демонстрирующим максимальные нагрузки на покрытие, без применения СОЖ. Исследовались пластины ТС с алмазными покрытиями, осажденными в Центре естественно-научных исследований Института общей физики им. А.М.Прохорова РАН (Рис.1.) из газовой фазы в СВЧ плазме [1,2].

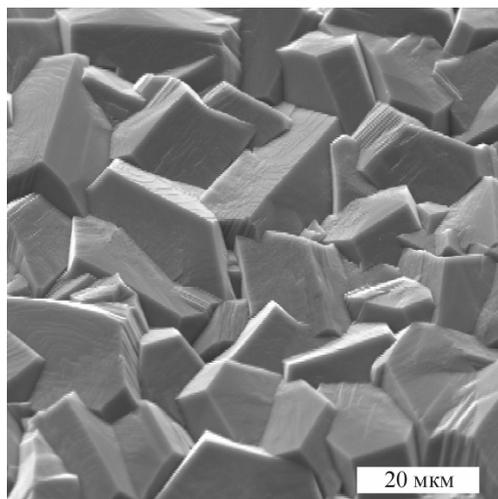


Рис. 1. Участок передней поверхности пластины ВК6, покрытый в СВЧ плазме алмазными поликристаллами

Опытные образцы различались между собой типом подслоя между ТС и алмазным покрытием [3], так как при прямом нанесении на твердый сплав (ТС) покрытий из алмаза, неизбежно возникают остаточные напряжения, которые могут привести к сколу, разрушению алмазного покрытия ввиду различий в коэффициентах теплового расширения (КТР): алмаза -  $1,1 \cdot 10^{-6}$  м/°С и твердого сплава –  $4,5 \cdot 10^{-6}$  м/°С. Использовали традиционный подслоя хрома, который наполнялся близким по свойствам с алмазным покрытием – алмазным порошком размером от 20 нм до 2/1 мкм.

Целью исследований являлось определение адгезии алмазного покрытия с подложкой при фиксированной геометрии режущих пластин и режимах резания. Динамометрическим методом измеряли составляющие сил резания. О состоянии алмазного покрытия судили по косым шлифам, износу по задней поверхности и отколам алмазного слоя. Измерения износа производили на инструментальном микроскопе, а трещины и отколы фиксировали на снимках с оптического микроскопа.

Было установлено, что наиболее прочную адгезию демонстрируют покрытия на хромовых подслоях наполненных алмазными зёрнами размером более 100 нм. Измерения сил резания показали существенную роль геометрии режущих пластин, в частности переднего угла  $\gamma$ . Так изменение  $\gamma$  от  $-9^\circ$  до  $+9^\circ$  показало снижение тангенциальной составляющей усилия резания с 600 Н до 150 Н.

Полученные результаты показали перспективность продолжения исследований по применению алмазных покрытий для отказа от СОЖ при металлообработке резанием.

### Литература

1. Ральченко В. Г. Конов В. И. Леонтьев И. А. Свойства и применения поликристаллических алмазных пластин // 7-я Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России», Москва, 29–30 июня 2001: Сб. трудов. – М.: МГУ. – 2001. – С. 246–253.
2. Ральченко В. Г., Ашкинази Е. Е. Условия синтеза, абразивная и лазерная обработка поликристаллического CVD-алмаза // Инструментальный світ. – 2005. - № 3. – С. 14–18.
3. Азарова Е.В., Левашов Е.А., Замулаева Е.И., Ральченко В.Г., Большаков А.П. Получение алмазосодержащих покрытий на твердом сплаве ВК6 методом электроискрового легирования для осаждения CVD-алмазных пленок. Труды VII международной Российско-Казахстанско-Японской научной конференции «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов» г. Волгоград, 3-4 июня 2009 , с.593-601.

УДК 621.9

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБЫ ПРИ ОХВАТЫВАЮЩЕМ РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИИ

Головки Игорь Михайлович

Студент 6 курса,  
кафедра «Инструментальная техника и технологии»,  
Московский Государственный Технический Университет имени  
Н.Э. Баумана

Научный руководитель: О.В. Мальков,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника  
и технологии»

В настоящее время основным направлением развития технологических процессов в металлообработке является повышение производительности и гибкости. Одним из путей решения данной задачи является применение перспективных методов обработки. Для получения наружной резьбы таким методом является метод охватывающего резьбофрезерования. Исследование точности при охватывающем фрезеровании резьбы в настоящее время является недостаточным, что не позволяет оценить область применения данного метода обработки.

В результате проведенных теоретических расчетов установлено, что при охватывающем фрезеровании профиль резьбы получается шире профиля зуба фрезы из-за совокупного влияния конструктивной особенности фрезы (кольцевого зуба) и кинематики движения инструмента. Несоответствие профилей (точность профиля) оцениваем параметром разбивки резьбы  $\Delta\rho_{расч}$  по формуле:

$$\Delta\rho_{расч} = \frac{\eta \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{6}} \left( \cos \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \eta \cdot \left[ R_{фр} - \frac{D_p - 1,732 \cdot P}{2} \right]}{R_{фр}} \right) \right] \cdot R_{фр} - \left( \cos \eta \cdot \left[ R_{фр} - \frac{D_p - 1,732 \cdot P}{2} \right] + \frac{D_p - 1,732 \cdot P}{2} \right) \right)$$

где  $P$  - шаг резьбы,  $D_p$  - диаметр резьбы,  $R_{фр}$  - радиус резьбофрезы по вершинам режущих зубьев,  $\eta$  - параметр математической модели [1].

Для экспериментальной проверки точности профиля полученной резьбы спроектирована и изготовлена охватывающая однозубая фреза  $\varnothing 30$  (рис. 1) с параметрами: диапазон обрабатываемых резьб: до М30, диапазон обрабатываемых шагов не ограничен, длина обрабатываемого резьбового профиля до 20 мм, материал режущей части - сталь ХВГ, материал хвостовой части - сталь 40Х, размер хвостовика - Морзе №3.



Рис.1. Фреза резьбовая охватывающая

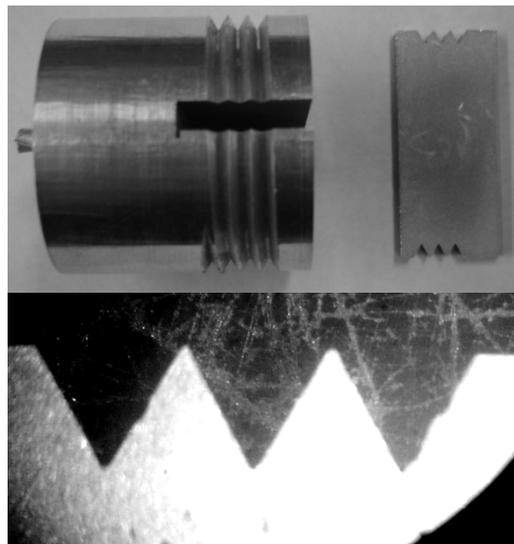


Рис.2. Заготовка и исследуемый образец резьбового профиля

При проведении экспериментальных исследований обработка внешней цилиндрической поверхности (концевой фрезой  $\varnothing 6$  из P18) и обработка резьбы проводилась за один установ на координатно-расточном станке модели 24K40СФ4, материал заготовки образцов - АМг6. Режимы обработки резьбы: частота вращения инструмента – 200 об/мин (скорость резания – 19 м/мин), подача – 10 мм/мин (0,05 мм/зуб) при поливе заготовок смесью индустриального масла И-20 с керосином для предотвращения нароста. Образцы резьбового профиля в осевом сечении (рис.2) вырезались в виде пластинок толщиной 2 мм на электроэрозионном станке модели Fanuc Robocut  $\alpha$ -liD. Определение величины разбивки резьбового профиля проводилось на универсальном микроскопе УИМ-21.

В результате измерений образцов были определены значения разбивки резьбового профиля: для M27 $\times$ 1,5 -  $\Delta\rho = 40$  мкм при расчетном  $\Delta\rho_{расч} = 37$  мкм, для M27 $\times$ 2 -  $\Delta\rho = 59$  мкм при расчетном  $\Delta\rho_{расч} = 60$  мкм. Относительная погрешность экспериментального определения значения разбивки составила 8,1% и 1,6% соответственно.

### Литература

1. О.В. Мальков, И.М. Головки. Исследование точности резьбы при охватывающем резьбофрезеровании// Наука и образование. Инженерное образование: электронное научно-техническое издание.-2009.-№5.

УДК 621.715

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СВАРКИ ФРИКЦИОННЫМ СМЕШИВАНИЕМ

Квартин Виталий Валентинович

*Студент 6 курса,  
кафедра «Инструментальная техника и технологии»,  
Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: С.А. Солодилов,  
старший преподаватель кафедры «Инструментальная техника и  
технологии»*

Сущность процесса сварки фрикционным смешиванием (Friction Stir Welding, FSW) состоит в механическом перемешивании материала, находящегося в пластичном состоянии в твердой фазе. Переход материала в пластичное состояние происходит под действием температуры выше температуры красностойкости, но ниже температуры плавления. Нагрев зоны обработки производится трением инструмента о заготовку, которое, кроме того, осуществляет перенос (смешивание) материала. В настоящее время процесс применяется преимущественно для легкоплавких цветных металлов, таких как алюминий или медь, и их сплавов.

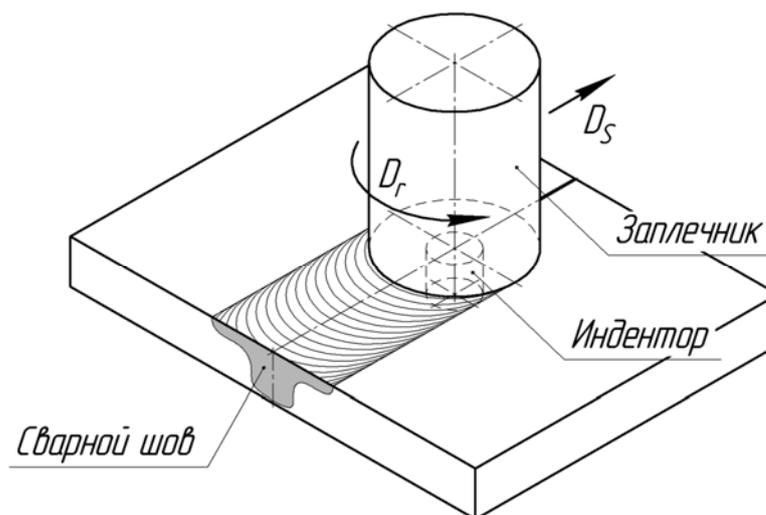


Рис. 1. Схема процесса сварки фрикционным перемешиванием.

Инструмент для реализации процесса представляет собой ступенчатый цилиндр, меньшая часть которого – индентор – погружена в материал, а большая – запечник – трется о поверхность заготовок, замыкая зону обработки (рис. 1).

В данной работе исследуется влияние конструкционных особенностей инструмента на протекание процесса. Для упрощения эксперимента производится обработка изначально цельной заготовки. В качестве варьируемых параметров инструмента выбраны:

- диаметр индентора;
- высота индентора;
- наличие конусности индентора;
- наружная поверхность индентора (гладкая либо резьбовая).

Для оценки протекания процесса используется численное сравнение силовых факторов (крутящего момента и продольной силы), а так же визуальный контроль шва на отсутствие полостей.

При увеличении диаметра индентора ожидается возрастание величин силовых факторов пропорционально квадрату диаметра.

При увеличении высоты индентора ожидается линейное возрастание величин силовых факторов.

Наличие конусности на инденторе предположительно снизит величину продольной силы, но увеличит крутящий момент. Кроме того, конусность сделает более благоприятным вертикальное погружение инструмента в материал.

Резьба на инденторе позволит материалу перемещаться в вертикальном направлении (вверх либо вниз в зависимости от направления резьбы). Ожидается, что это поспособствует улучшению качества шва.

УДК 67.05

## ПОЛУЧЕНИЕ МАКРОРЕЛЬЕФА МЕТОДОМ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО РЕЗАНИЯ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Костикова Дарья Сергеевна

*Студентка 6 курса*

*кафедра «Инструментальная техника и технологии»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: О.В. Кононов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

*Оребрение* поверхности трубок предназначено для увеличения поверхности теплообмена со стороны теплоносителя, имеющего меньший коэффициент теплоотдачи.

Существует множество методов получения оребрения, которые можно отнести к нескольким группам: механическая обработка, обработка давлением и сборочные методы. Большинство из этих методов относится к получению рельефа на наружной поверхности. Что же касается развития внутренней поверхности, то в этой области достижения не так велики и вопрос о получении внутреннего оребрения остается открытым. Применение этих труб по данным отечественных и зарубежных предприятий повышает холодопроизводительность теплообменной аппаратуры в холодильной технике как минимум на 25%.

В зависимости от требований заказчика, трубы должны различаться:

- по количеству ребер на периметре окружности (как правило, от 2 до 40 шт.)
- по углу наклона канавки к оси заготовки  $\omega$  (от  $0^\circ$  до  $60^\circ$ )

В настоящее время для получения макрорельефа на внутренней поверхности труб используются методы обработки давлением, т.е. обжим трубы наружными роликами на профилированной внутренней оправке.

Метод деформирующего резания (ДР) основан на процессе частичного срезания припуска и целенаправленного пластического деформирования подрезанного поверхностного слоя. Образующаяся при ДР стружка не отделяется полностью от заготовки, сохраняя с ней связь по своей узкой стороне.

Метод ДР позволяет получать макрорельеф в виде ребер различной формы, конфигурация которых определяется геометрией инструмента.

Исследования силовых зависимостей ДР, проведенные ранее [2] показывают, что силы, действующие на режущий клин со стороны заготовки

и образуемых ребер приводят к самозатягиванию инструмента. В случае наружного оребрения с этим эффектом приходится бороться, в то время как при внутреннем оребрении его можно использовать и управлять им, поэтому возникла необходимость проведения экспериментов по определению зависимости угла  $\alpha$  от различных технологических и геометрических параметров (положения передней поверхности, главного и вспомогательного углов в плане, заднего угла, наличия и вида СОЖ и др.).

Эксперимент проводится на строгальном станке. В качестве режущего инструмента используется токарный резец с ТС пластиной, заточенной с геометрией для ДР. В качестве образцов использовались заготовки из алюминиевого и медного сплавов.

В ходе эксперимента варьировались следующие параметры: положение передней поверхности (сочетание переднего угла  $\alpha$  и угла наклона главной режущей кромки  $\lambda$ ), главный угол в плане  $\phi$ , вспомогательный угол в плане  $\phi_1$ , главный задний угол  $\beta$ , наличие и вид СОЖ и фиксировались следующие параметры: высота ребра и угол наклона канавки (угол самозатягивания)  $\alpha$ .

В ходе эксперимента по влиянию СОЖ на параметры получаемого макрорельефа были использованы следующие СОЖ: керосин, минеральное масло И-20, эмульсия Blascocut 2000. В результате эксперимента зависимости не обнаружено как по углу самозатягивания, так и по высоте ребра.

Самое большое влияние на угол самозатягивания оказывает главный задний угол  $\beta$ . Однако при увеличении  $\beta$  резко возрастает угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$ , а значит мы имеем ограничения по конструкции резца.

Однако только конструкцией резца невозможно получить весь диапазон требуемых углов, а значит, все равно придется использовать дополнительные устройства при получении внутреннего оребрения с углами подъема винтовой канавки в диапазоне от 30 до 60 град.

## Литература

1. Васильев С.Г. Разработка метода деформирующего резания для создания упрочняющих композиционных покрытий. Автореферат диссерт. на соиск. уч. степени канд. техн. наук – М.: МГТУ им. Н.Э Баумана, 1996. – 16 с.
2. Кононов О.В. Разработка метода деформирующего резания для получения пористых поверхностных структур. Диссерт. на соиск. уч. степени канд. техн. наук – М.: МГТУ им. Н.Э Баумана, 1997. – 231 с.

УДК 621.7

## ПЛАНЕТАРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Сотников Алексей Андреевич

*Студент 6 курса*

*кафедра «Инструментальная техника и технологии»*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: О.В. Мальков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

Надежность работы машин непосредственно связана с качеством поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства – сопротивление усталости, коррозионная стойкость, сопротивление контактной усталости и др. С помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) создается необходимая форма деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя. Оно достигается поверхностным пластическим деформированием, при котором стружка не образуется, а происходит тонкое пластическое деформирование поверхностного слоя. В результате упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость и т.д. Во многих случаях применением поверхностного пластического деформирования удастся повысить запасы прочности деталей, работающих при переменных нагрузках, в 1,5 - 3 раза и увеличить срок службы деталей в десятки раз [1].

В настоящее время в зарубежной промышленности широкое распространение получил метод локального перемешивания металлов [2], на базе которого предпринята попытка разработать способ планетарного упрочнения поверхностного слоя отверстий.

Разработан новый способ планетарного упрочнения отверстий цилиндрическим твердосплавным инструментом. Кинематическая схема планетарного упрочнения, представленная на рисунке 1 содержит следующие этапы: 1 – подвод инструмента, 2 – тангенциальное внедрение по дуге, 3 – планетарное раскатывание, 4 – отвод инструмента по дуге, вывод инструмента из обработанного отверстия.

По указанной на рисунке 1 схеме проведены экспериментальные исследования по упрочнению отверстий со следующими параметрами обработки (протокол представлен в таблице 1): оборудование – вертикальный координатно-расточной станок 24К40СФ4 с ЧПУ; инструмент

– цилиндр из твердого сплава GC1630 (Sandvik Coromant) диаметром 10 мм и длиной вылета 20 мм; заготовка – алюминиевый сплав, параметры режима обработки: скорость обработки - 42,4 м/мин, частота вращения инструмента - 1350 об/мин, скорость круговой подачи заготовки - 30 мм/мин. Перед планетарным упрочнением отверстие было обработано фрезерованием с одного установка фрезой диаметром 10 мм.

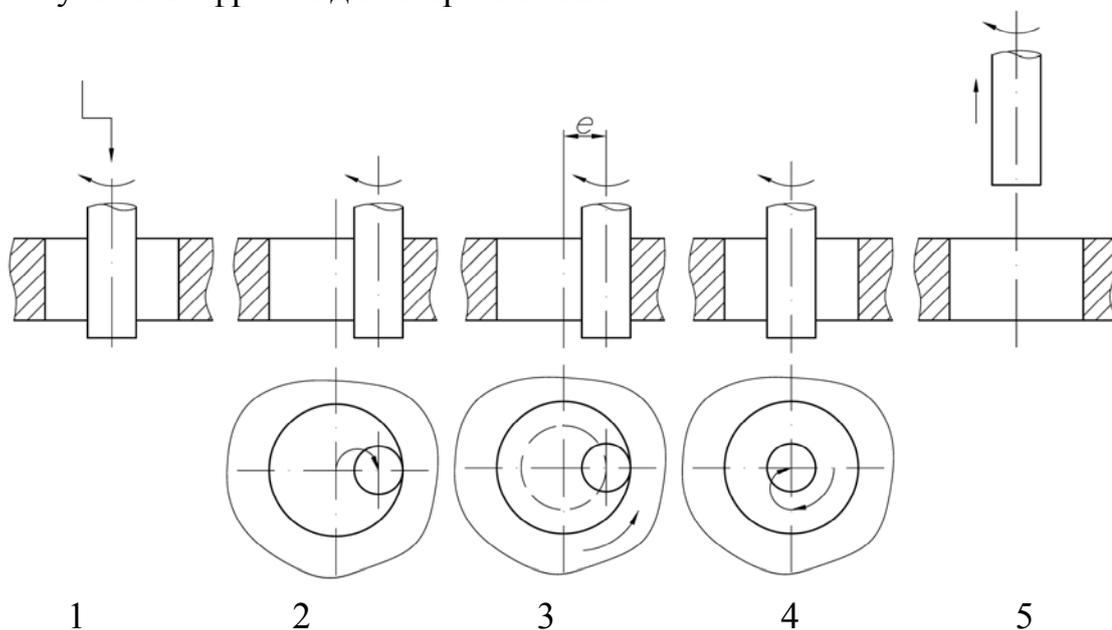


Рис.1 Способ планетарного упрочнения отверстий

Таблица 1. Протокол эксперимента

Параметры	Исходное отверстие	Обработанное отверстие
Диаметр, мм	18,66	18,8
Допуск на размер, мм	0,08	0,06
Шероховатость Ra, мкм	3,1	0,48
Микротвердость, МПа	91,6	64,9
Глубина упрочненного слоя, мм	0,2	-

Вывод: разработанный способ упрочнения повышает качество обработки – в 6,5 раз, точность обработки – в 1,3 раза и микротвердость поверхностного слоя обработанных отверстий – на 41% .

### Литература

1. *Одинцов Л.Г.* Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 313 с.
2. Пат. US 2001/0004989, Int.Cl.7.B23K 20/12 Friction stir welding tool. Оpubл. 28.06.2001.

УДК 621.789

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ЛОКАЛЬНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ОБРАБОТАННОГО МАТЕРИАЛА**

Стариченкова Ольга Викторовна

*Студентка 6 курса,*

*кафедра «Инструментальная техника и технологии»*

*Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: С.А. Солодилов,*

*старший преподаватель кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

На кафедре «Инструментальная техника и технологии» ведется разработка технологических основ метода локального механического перемешивания (ЛМП). Этот процесс за рубежом известен как сварка трением с перемешиванием (FSW – friction stir welding). Используется для локального перемешивания легкоплавких материалов для повышения их физико-механических свойств, но чаще для создания неразъемных соединений деталей из легкоплавких металлов и сплавов на их основе.

Известно, что в зоне обработки методом ЛМП происходит небольшое уменьшение предела прочности и многократное увеличение пластичности материала. Подтверждена возможность получения бездефектных неразъемных соединений встык и внахлест. Прочность материала шва практически не отличается от прочности основного материала, обеспечивает «залечивание» микро и макротрещин, литейных раковин. Проведенные экспериментальные исследования микроструктуры в зоне обработки объясняют вышеописанные явления.

Работа посвящена изучению влияния различных параметров обработки на изменение структуры материала из алюминиевого сплава АЛ4 до и после обработки методом ЛМП и его физико-механических свойств, таких как микротвердость и ее распределение в зависимости от глубины обработанной области.

Для проведения исследований были подготовлены образцы, полученные методом локального механического перемешивания на различных режимах обработки. Опробованы некоторые варианты частот вращения инструмента и его подачи с целью оценки влияния количества выделенной теплоты на структуру в зоне обработки.

Для измерения микротвердости изготовлен косой шлиф для получения распределения значений микротвердости по глубине обработанного

материала и возможности проведения большего количества измерений, обеспечивающих более точную оценку данного параметра.

Обобщенная оценка изменения микроструктуры при обработке ЛМП проведена по предварительно подготовленному шлифу на примере алюминиевого сплава АЛ4. На рис. 1 представлены фотографии микроструктуры АЛ4 до и после перемешивания и на границе двух зон.



Рис. 1. Микроструктура АЛ4: а) до перемешивания, б) после перемешивания, в) на границе двух областей

В результате исследований сделаны выводы о том, что в области перемешивания крупные кристаллы кремния раздроблены, произошло измельчение зерен  $\alpha$ -твердого раствора алюминия, наблюдается равномерное распределение всех структур состава, что приводит к локальному существенному увеличению качества материала.

По проведенным измерениям микротвердости можно отметить, что ее значения уменьшаются с увеличением расстояния от поверхности металла вглубь перемешанной области.

Планируется изучить влияние конструктивных и геометрических параметров инструмента (направление винтовой нитки; диаметр, длина и форма индентора) на изменение микроструктуры, а соответственно физико-механических свойств материала в области обработки методом ЛМП.

## Литература

1. Семенов Б.И., Семенов А.Б., Солодилов С.А. Неустойчивые динамические состояния системы – основа новых технологий обработки металлических материалов и композитов. // Труды МНТК “Прикладная синергетика - 2”. – 2004, Т.2. – г. Уфа. – С. 58-64.
2. Солодилов С.А. Образование через науку. // Тезисы докладов Международной конференции. Москва, 2005 г. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – С. 189-190.

УДК 621.9.08

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛ РЕЗАНИЯ НА ОПЕРАЦИЯХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Шуляк Ян Игоревич

*Студент 6 курса,  
кафедра «Инструментальная техника и технологии»  
Московский государственный технический университет им Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: С.Г. Васильев,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника  
и технологии»*

Для проведения исследований сил резания на операциях механической обработки на базе универсального динамометра модели УДМ-600 конструкции Мухина Б.И. разработано устройство измерения составляющих сил резания.

В отличие от классической модели динамометра УДМ-600 в разработанном устройстве для питания мостовых тензометрических схем измерения используется источник постоянного тока  $\pm 5\text{В}$ .

Получена формула, характеризующая величину выходного сигнала с тензометрических мостов с учётом погрешности регулировки тензометрических мостов:

$$\Delta U = U_n \left( \frac{R + \Delta R}{2R} - \frac{R_0}{2R_0 + \Delta r} \right), \text{ В}$$

где  $U_n$  – напряжение питания тензометрического моста, В;  $R$  – сопротивление тензометрического плеча мостовой схемы в ненагруженном состоянии динамометра, Ом;  $\Delta R$  – изменение сопротивления тензометрического плеча, вызванное действием составляющих сил резания, Ом;  $R_0$  – величина балансирующего плеча мостовой схемы, Ом;  $\Delta r$  – погрешность регулировки моста, Ом.

Разработанное устройство имеет значительно меньшие габариты и энергопотребление по сравнению с оборудованием, входящим в оригинальный комплект динамометра УДМ-600.

В среде графического программирования LabVIEW 9.0 разработан виртуальный инструмент, способный отображать изменение регистрируемого сигнала в реальном времени и записывать в текстовый файл массив мгновенно измеренные значения регистрируемых сигналов.

Используемая в работе устройства среда графического программирования LabVIEW 9.0 предоставляет широкие возможности по

регистрации, записи и анализу сигнала, а также по проведению математического анализа полученных данных.

Разработанное устройство измерения сил позволяет проводить измерения составляющих сил резания на операциях точения, фрезерования и сверления. Обеспечена возможность наблюдения изменения величины составляющих сил резания в процессе обработки. Используемое программное обеспечение предоставляет широкие возможности по регистрации, записи и анализу сигналов, поступающих с динамометра-датчика. Применяемое оборудование позволяет совершенствовать устройство измерения составляющих сил резания, путём добавления к нему блоков, расширяющих его функциональные возможности.

### **Литература**

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. И приборостр. Спец. Вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с., ил.
2. Хорна О. Тензометрические мосты (перевод с чешского), М. –Л., Госэнергоиздат, 1962, 336 с. с. черт.
3. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / Под ред. Р.А.Макарова.– М.: Машиностроение, 1975.– 288 с.

УДК 621.91

## МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Щёлокова Полина Юрьевна

*Студентка 4 курса*

*Кафедра «Инструментальная техника и технологии»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Л.Д. Малькова,*

*старший преподаватель кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

Вопросы энергосбережения и поиска энергосберегающих технологий с каждым годом становятся все актуальнее. В РФ изданы ГОСТы, нормирующие все необходимые понятия в области энергосбережения. Так согласно ГОСТ Р 51387-99 энергосберегающей технологией является новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов.

В ходе анализа литературных источников и экспериментальных данных были выявлены основные на данный момент направления энергосбережения при обработке металлов резанием.

Энергопотребление при резании металлов на примере точения равно:

$$E = \frac{N \cdot t_0}{60} = \frac{P \cdot v \cdot t_0}{60} = P \cdot \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60} \cdot \frac{L}{S n} = C \frac{P(t, S, v, \gamma, h_s, HB)}{S} \quad [\text{кВт} \cdot \text{ч}],$$

где  $N$  – мощность процесса резания, кВт;  $v$  – скорость резания, м/мин;  $t_0$  – основное технологическое время, мин;  $P$  – сила резания, кН;  $D$  – диаметр заготовки, мм;  $n$  – частота вращения шпинделя станка, об/мин;  $L$  – путь, пройденный резцом в процессе резания, мм;  $S$  – подача, мм/об;  $C = \text{const}$ .

Сила резания является функцией многих переменных и напрямую влияет на величину энергопотребления. Вопрос снижения потребляемой энергии в первую очередь сводится к уменьшению силы резания.

При обработке резанием можно выделить следующие объекты, воздействие на которые изменяет величину энергопотребления: станок, инструмент, параметры обработки, вид обработки, заготовка.

Энергия, потребляемая металлорежущим станком, расходуется на приведение в движение элементов станка и на преодоление сил трения. В литературе по данному вопросу выделяют следующие основные направления энергосбережения: снижение энергетических потерь в приводах главного и вспомогательных движений станков; снижение энергетических потерь в электродвигателях приводов.

Согласно литературным источникам и данным компаний Sandvik Coromant и ISCAR за счет изменения геометрии режущей части инструмента, использования новых инструментальных материалов и покрытий можно достичь снижения силы резания до 30%.

Параметры обработки: подача, глубина резания, скорость резания – оказывают значительное влияние на силу резания, причем эта зависимость нелинейная, а подача входит как непосредственно в формулу определения энергопотребления, так и в формулу для силы резания. Применение СОЖ в процессе обработки способно снизить силу резания на 20-30%.

При обработке одной и той же детали различными методами энергопотребление в каждом случае является разным, что подтверждено экспериментально. Если за критерий энергоемкости метода обработки принять удельную энергию, равную отношению потребляемой станком электроэнергии к снятому за это время объему стружки, то для токарной обработки удельная энергия будет составлять 3,6...3,8 Вт·с/мм<sup>3</sup>, а для наружного кругового шлифования - 178...184 Вт·с/мм<sup>3</sup>. Поэтому встает вопрос о рациональном назначении вида обработки с целью снижения энергопотребления.

Физико-механические свойства заготовки: твердость, материал, состояние поверхности – также влияют на силу резания, что необходимо учитывать, назначая соответствующий по геометрии и материалу инструмент для обработки данной детали.

Доля энергии, потребляемая в процессе резания, значительна в сравнении с энергией холостого хода только при черновом точении, поэтому для оптимизации процесса резания необходимо рассматривать именно черновые параметры обработки.

Вывод: задача снижения энергопотребления при резании металлов является сложной комплексной задачей. Частные решения этой задачи тоже могут дать положительный эффект. Для оптимизации процесса резания нужно большое количество комплексных исследований в разных направлениях.

**УДК 66-965**

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНОГО СЛОЯ ПОЛУЧЕННОГО  
МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ**

Павел Юрьевич Круглов

*Студент 4 курса,  
кафедра «Машины и обработка металлов давлением»  
Ульяновский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Курганова Ю. А.,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и обработка  
металлов давлением»*

Рабочие части инструмента – штампа работают в условиях повышенного износа, высоких удельных давлений, достигающих 2000-2500 МПа, и больших температурных перепадов вызванных процессом деформирования. Частые поломки штампов, проявление неремонтируемых дефектов, а, следовательно, низкая работоспособность препятствуют эффективной производительности штамповочного производства. Это представляет собой достаточно серьезную проблему, поскольку не позволяет эффективно изготавливать соответствующие современным требованиям детали изделий машино- и приборостроения. Так же к проблемам современного штамповочного оборудования можно отнести отсутствие эффективных и внедренных в производство способов, которые позволяют решать эти проблемы. Основные дефекты штампов и матриц: трещины, сколы, выгарыны[1].

Существенно снизить количество таких дефектов позволяет метод плазменного напыления порошковых алюмокерамических покрытий, с помощью установки электроплазменного напыления[2-3].

Актуальность работ данного направления заключается в массовой потребности увеличения ресурса формообразующего инструмента.

Основной целью данной работы является увеличение ресурса работы формообразующего инструмента, а так же уменьшения количества переходов технологических операций путем плазменного напыления высокоизносостойких покрытий на рабочую поверхность.

Актуальность работ данного направления заключается в массовой потребности увеличения ресурса формообразующего инструмента.

Основной целью данной работы является увеличение ресурса работы формообразующего инструмента путем плазменного напыления высокоизносостойких покрытий на рабочую поверхность.

В данном методе напыление покрытий производится с использованием газовых разрядов, возбуждаемых в контролируемой среде, в которой производится напыление. При этом процессы активации поверхности и плазменного напыления совмещаются в одном вакуумном объеме - это является уникальностью и существенным отличием данного метода. Газоразрядная среда является “бесконтактным методом”, позволяющим обрабатывать изделия из тонких материалов. Полученные образцы анализируются металлографическим методом, методом неразрушающего контроля остаточных напряжений на приборе СИТОН-АРМ. Использование газовых разрядов, возбуждаемых в контролируемой среде, в которой производится напыление, позволяет получать уникальное по своим свойствам покрытие.

Новизной данного метода является напыление материалов разного фазового состава, а так же разработанный и ранее не используемый способ напыления. А так же получение деталей, в результате комбинации физико-химических методов обработки поверхности, с уникальным поверхностным слоем.

Метод обеспечивает повышение коэффициента использования деформируемого материала за счет перераспределения тангенциальных и касательных напряжений в заготовке, формирование облегченного скольжения дислокационных структур, формирующих состояние оптимального прохождения процесса деформирования[4].

Имеется патент на изобретение «Способ получения композиционных покрытий на основе алюминиевых сплавов» №2353703. А также патент на полезную модель № 67902 «Устройство для механического легирования материалов на основе цветных сплавов частицами керамики».

### Литература

1. *Кудинов В.В.* Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. - М.: Машиностроение, 1993. – 488 с.
2. *Лясников В.Н.* Проектирование электроплазменных технологий и автоматизированного оборудования / В.М. Таран, С.М Лисовский, А.В. Лясникова - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 206 с.
3. *Панталеенко Ф.И., Любецкий С.Н.* Материалы, технология и оборудование для восстановления и упрочнения деталей машин. Ч.1 Наплавка и напыление. - Новополоцк, 1994. – 116 с.
4. *Бородин И.П.* Материалы 11 международной научно-практической конференции «Ресурсо-сберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин» – СПб 2009. – 252с.

**Секция 3**  
**Технологии машиностроения**

УДК 621.837.3

## СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТИ ЗВЕНЬЕВ

Валуцкий Иван Андреевич, Соловьева Наталья Ивановна

Студенты 3 курса

Кафедра «Проектирование технических и технологических комплексов»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

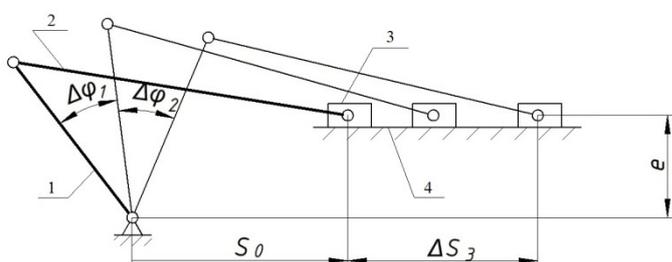
Научный руководитель: А.А.Головин,

Профессор кафедры «Теория машин и механизмов», доктор технических наук.

Рассмотрен синтез четырехзвенных рычажных механизмов (кривошипно-ползунный и кривошипно-коромысловый).

Постановка задачи.

На заданном повороте кривошипа требуется получить постоянный аналог скорости выходного звена (ползуна или шатуна). В качестве метода синтеза применяется синтез по трем положениям (Рис. 1.) Результатом синтеза является теоретическое определение размеров звеньев  $l_1$  и  $l_2$  [1].



$e$  – эксцентриситет;  
 $s_0$  – начальная координата выходного звена;  
 $\Delta s_3$  – рабочее перемещение выходного звена

Рис. 1. Синтез по трем положениям

Задачи исследования:

1. Сравнить функцию положения (Рис. 2а) и аналог скорости синтезируемого механизма (Рис. 2б) и заданной функции.

2. Назначить допускаяемые отклонения для кривошипа и шатуна и построить функцию ошибки.

Основные формулы:

$$Vq = \varphi_H + k * \Delta\varphi$$

$V_q$  – аналог скорости;

$\varphi_H$  – искомая величина.

$$\left. \begin{aligned} \delta S_1(\varphi) &= S_{зад}(\varphi) - S_r(\varphi) \\ \delta V_q(\varphi) &= V_q^{зад}(\varphi) - V_q^r(\varphi) \end{aligned} \right\} \varphi \in (\varphi_H; \varphi_K)$$

где  $\delta S_1(\varphi)$  – рассогласование заданной функции положения и теоретической;  
 $\delta V_q(\varphi)$  – рассогласование заданного аналога скорости и теоретического.

Функция ошибки:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_1(\varphi) &= S_T(\varphi) - S_2(\varphi) \\ \Delta V_q(\varphi) &= V_q^T(\varphi) - V_q^*(\varphi) \end{aligned} \right\} \varphi \in (\varphi_H; \varphi_K)$$

где  $\Delta S_1(\varphi)$  – функция ошибки для экспериментальной функции положения и теоретической;

$\Delta V_q(\varphi)$  – функция ошибки экспериментального аналога скорости и теоретического.

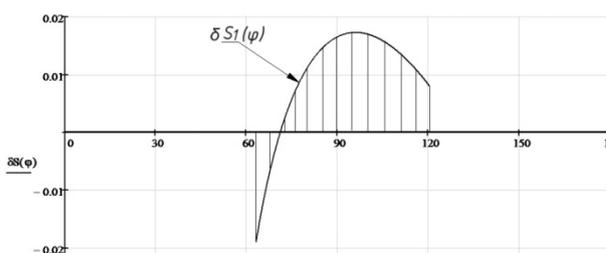


Рис. 2а. Точность воспроизведения функции положения

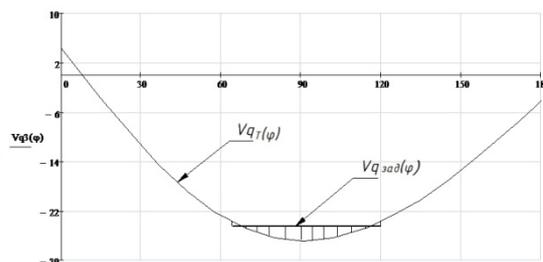


Рис. 2б. Аналог скорости для полученного механизма и дано сравнение с заданным

Для заданных отклонений длин кривошипа и шатуна построены функции ошибки выходного звена (ползуна и шатуна) для функции положения (Рис. 3а) и аналога скорости (Рис. 3б).

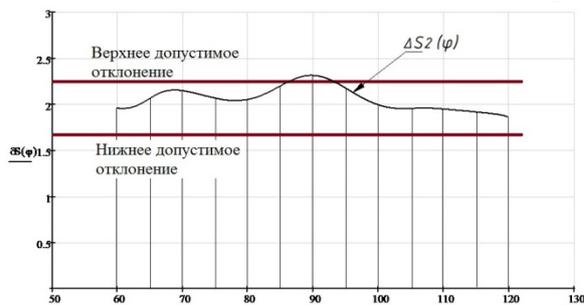


Рис. 3а. Функция ошибки для функции положения

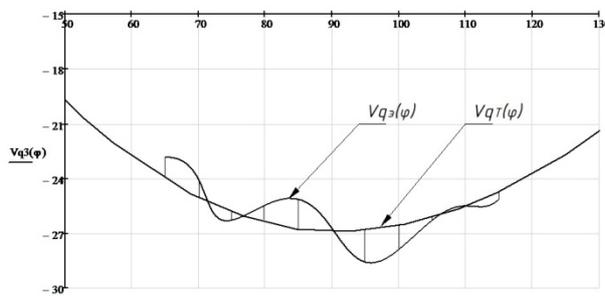


Рис. 3б. Функция ошибки для аналога скорости

Вывод:

В случае если даны допустимые отклонения функции положения и аналога скорости, полученные результаты позволяют судить о приемлемости результатов синтеза

### Литература

1. Артоблевский И.И. Теория машин и механизмов. – М.: Наука, 1975. – 556 с.

УДК 68. 7215

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Менкиджанов Евгений Геннадьевич

*Студент 4 курса*

*факультет «Авиационные приборы и комплексы*

*Московский колледж управления и новых технологий*

*Научный руководитель: В.Н. Соколов*

*кандидат технических наук, зам. директора ФГУП МОКБ «МАРС»*

Последние десятилетия 20 века характеризуются компьютеризацией всех видов деятельности человека: решение научных задач, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, автоматизация производственной, коммерческой, банковской и других сфер. Развитие этой тенденции способствовало широкомасштабное применение персональных компьютеров, средств телекоммуникаций, вычислительных сетей: локальной вычислительной сети, глобальной сети Internet.

В этот период было осознано, что информационные ресурсы любой страны по стоимости соизмеримы с отдельными видами природных ресурсов и в конкурентной борьбе наукоемкой технически сложной продукции важнейшими фактором являются современные информационные технологии (ИТ) на принципах CALS.

CALS(Continuos Acquisition and Life Cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок жизненного цикла) базируется на локальных решениях, разработанных и реализованных на предыдущих этапах развития информационных систем ( САПР-К, САПР-Т, АСУТП, АСУ различных уровней, отдельные компьютеризованные производства и др.) при разработке, производстве, эксплуатации сложной наукоемкой продукции, которая требует создания, преобразования, передачи между различными участниками жизненного цикла изделия (ЖЦИ) больших объемов технической информации.

Цель данной работы – анализ, изучение и оценка перспективности применения CALS технологий в современном машиностроении.

### Литература

1. “CALS” А.Г. Братухин.
2. “Информационные технологии в наукоемком машиностроении” А.Г. Братухин.
3. “Основы автоматизированного проектирования” Биргер И.А.
4. “Проблемы автоматизации конструирования в машиностроении” Темис Ю.М.

УДК 621.7.014.2; 621.829

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СМАЗОЧНО–ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Петров Юрий Владимирович

*Студент 5 курса*

*кафедра «Технологии машиностроения»*

*Санкт–Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ – ВТУЗ)*

*Научный руководитель: Ю.М. Зубарев, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения»*

К современным конструкционным материалам предъявляются высокие эксплуатационные требования. К подобным материалам относятся композиционные углепластики марок ФУТ и УГЭТ производства ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» [1]. Спрос на детали из них постоянно растет. Причиной ограниченного применения являются сложности достижения заданной точности и качества на операциях финишной обработки [1].

Для решения технологических задач применяют различные СОТС, подаваемые в зону контакта. В условиях граничного трения структуризация СОТС наномодификаторами может способствовать решению этих задач. Фуллероидные наночастицы характеризуются способностью к диссипации всех видов энергии, выделяющейся в процессе граничного трения в виде фотонов, фононов и экзоелектронов [2]. Данный эффект важен для снижения водородного изнашивания [3], возникающего в результате абсорбции водорода [4]. Поэтому целью настоящей работы стало исследование совместного действия в зоне трения наномодификатора (наночастиц, полученных из фуллероидных материалов) [5] и антизадирной присадки на фоне масляной СОТС.

На рис.1,а представлен вид углеродного наномодификатора (УНМ), полученный на просвечивающем электронном микроскопе JEM1011 (JEOL, Япония). Материал состоит из полидисперсных многослойных углеродных наночастиц - продукта комплексной обработки депозитов, образующихся при плазменно-дуговом синтезе фуллеренов. Материал характеризуется: средний размер - 50 нм; истинная плотность  $2,1\text{г/см}^3$ ; насыпная плотность  $< 0,25\text{г/см}^3$ .

Распределение наночастиц УНМ по размеру, определенное в разбавленной водной суспензии УНМ методом динамического светорассеивания на приборе Malvern Zetasizer (Великобритания), представлено на рис. 1,б.

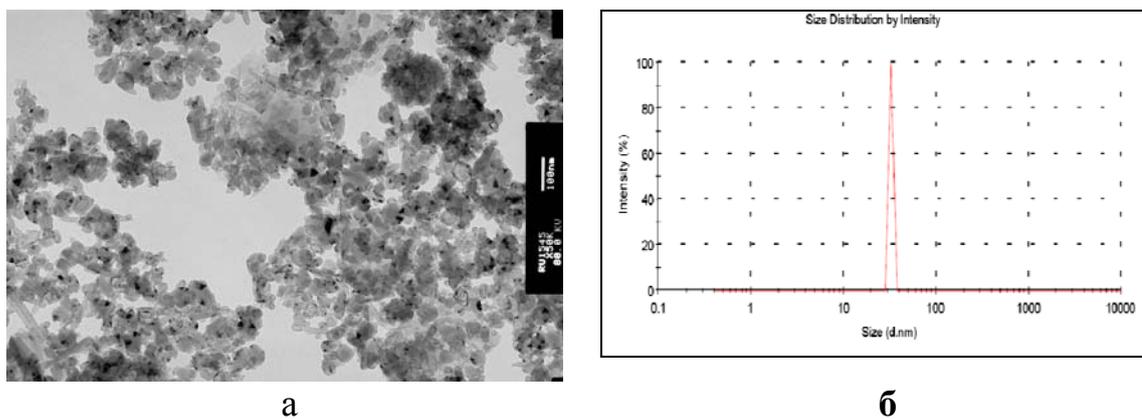


Рис. 1. Микрофотография полидисперсных многослойных углеродные наночастиц (а) и их распределение по размерам (б)

Триботехнические и натурные испытания показали, что структуризация СОТС наномодификатором способна не только повысить его антиокислительные свойства, благодаря снижению трибодеструкционных явлений в приповерхностном смазочном слое, но и повлиять на долговечность пластифицированного слоя (режущей кромки инструмента), снизить засаливание и уменьшить адгезию углепластика к инструменту.

### Литература

1. Абозин И.Ю., Петров В.М. Некоторые вопросы механической лезвийной обработки углепластиков // Вопросы материаловедения. №2(26) 2001, – С. 86-93.
2. Евдокимов В.Д., Семов Ю.И. Экзоэлектронная эмиссия при трении. М.: Наука, 1973. - 180 с.
3. Гаркунов Д.Н. Научные открытия в триботехнике. Эффект безызносности при трении. Водородное изнашивание металлов. М.: Изд. МСХА, 2004.- 383 с.
4. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: 1963.- 472 с.
5. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. М.: Университетская книга, Логос, 2006.- 376 с.

УДК 621.01

## ОСОБЕННОСТИ ОБМЕРА ПЛОСКОЙ ДЕТАЛИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЦИФРОВОЙ ФОТОСЪЁМКИ

Потапова Анастасия

*Студентка 4 курса, кафедра МТ-3 «Технологии машиностроения»,  
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

*Научные руководители:*

*Головин А.А., д.т.н., профессор кафедры РК-2 «Теория механизмов и машин»,*

*Вуколов А.Ю., ассистент кафедры РК-2 «Теория механизмов и машин»,  
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

Одной из насущных задач диагностики промышленной механики является определение состояния плоских деталей (например, плоских высоконагруженных кулачков) непосредственно в производственных условиях, иногда даже без остановки рабочего процесса. Данная задача обычно решается с привлечением систем технического зрения, что требует большого количества дорогостоящего телевизионного оборудования, вычислительных систем, комплекта программного обеспечения. Основной целью данной работы является изучение возможности применения для диагностики состояния реальной изношенной плоской детали – цифрового фотографического оборудования широкой доступности.

В качестве тестового объекта исследования выбран плоский кулачок, работающий в составе автоматического гибочного пресса (рис. 1).



Рис. 1 Фотоснимок плоского кулачка с установленной мерой.

Основной особенностью процесса обмера кулачка по данному фотоснимку является использование в качестве эталона – стандартной концевой меры длины, которая применяется для оценки фактического масштаба изображения. В реальных условиях в качестве эталона может быть

использован любой предварительно установленный плоский маркер. Условия съемки полностью соответствуют реальным производственным условиям работы прессы. При обмере кулачка учтены ошибки, обусловленные дискретным характером цифрового фотоизображения [4], погрешностями установка оптической системы, теневым эффектом на малоосвещенных участках. Кроме того, путем статистической обработки данных рассчитано неизвестное из-за отсутствия технической документации положение центральной точки кулачка, дана оценка возможной точности измерения. На основе полученных результатов получен конструктивный профиль кулачка, пригодный для дальнейшей оценки величины износа (рис. 2).

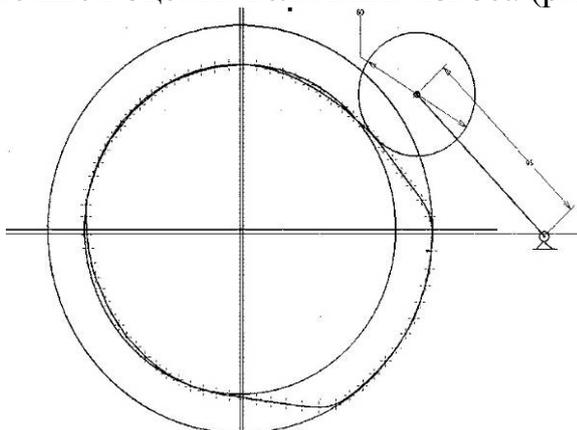


Рис. 2 Измеренный конструктивный профиль кулачка.

Фактическая оцененная ширина доверительного интервала для измерения геометрических размеров по предложенной методике составила менее 0.1 мм при доверительной вероятности 95%, что позволяет достаточно точно оценить величину износа тяжело нагруженной детали. Таким образом, предложенная методика может быть признана пригодной для широкого применения в реальных производственных условиях.

### Литература

1. *A. Vukolov, A. Golovin, N. Umnov.* Horse Gait Exploration on “Step” Allure by Results of High Speed Strobelight Photography. Proceedings of EuCoMeS-2010 Conference;
2. *A. Golovin, A. Lafitsky, A. Simushkin.* Experimental And Theoretical Research Of Cams Wearing Of Cams Mechanism. Proceeding of 2nd International Conference EuCoMeS-2008 /Edited by Marco Ceccarelli. – Springer. – 2008. – Pp. 107-119.
3. *В.Б. Горяинов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.* Математическая статистика. Учебник для ВУЗов. Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. ISBN 5-7038-1270-4 М. – Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002
4. *A. Vukolov, A. Kharitonov.* Kinematical Analysis of Mechanical Systems by Results of Digital Video Recording. Proceeding of The 10th IFToMM International Symposium on Science of Mechanisms and Machines SYROM 2009/Edited by Ion Visa. – Springer. – 2009. Pp. 457-464.

УДК 658.512.4

## СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ САПР ТП СБОРКИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Умаров Герман Шавкатович

Студент 5 курса  
кафедра «Технология машиностроения»  
МГТУ им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Ю.А.Островский,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

На сегодняшний день разработки в области САПР ТП (систем автоматизированного проектирования технологических процессов) сборки сильно разрознены, отсутствует наиболее приближенная к реальным требованиям концепция системы в целом.

Предлагается следующий способ построения САПР ТП сборки (в порядке следования модулей, см. рис.1 - схему на IDEF0).

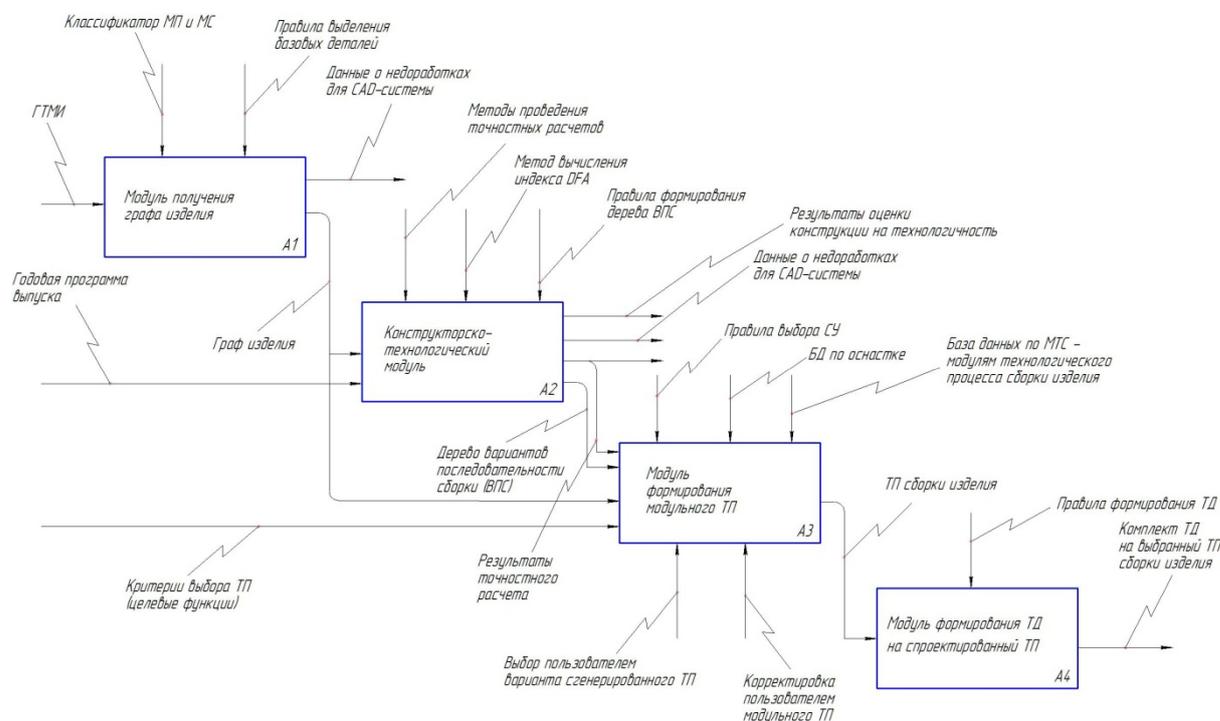


Рис.1. Структура системы САПР ТП сборки.

Цель данной работы – показать принципиальную возможность создания САПР ТП сборки на сегодняшнем этапе развития работ в данной области. Существует методическое обеспечение – модульный подход к описанию конструкций изделий и производства. Выявлены основные направления исследований, обеспечивающих создание системы – разработка формальных правил выделения сборочных единиц, разработка формальных правил выбора баз, разработка методики оценки и выбора вариантов последовательности сборки, создание базы данных МТС (модулей ТП сборки). Предложен алгоритм автоматизированной генерации графа изделия.

### **Литература**

1. *Базров Б.М.* Модульная технология в машиностроении – М.: Машиностроение, 2001.
2. *Базров Б.М.* Расчет точности машин на ЭВМ – М.: Машиностроение, 1984.
3. *Кондаков А.И.* САПР технологических процессов – М.: Академия, 2008.
4. *Божко А.В.* Игровое моделирование доступа/ Наука и образование, 2009, №12.
5. *Gottipolu R.V.* Representation and selection of assembly sequences in CAAPP / International journal of production research, 1997, №12.
6. *Базров Б.М.* Построение размерных цепей изделия с помощью графа модулей поверхности/ Вестник машиностроения, 2008, №7.
7. *Суслов А.Г., Дальский А.М.* Научные основы технологии машиностроения – М.: Машиностроение, 2001.
8. *Базров Б.М.* Единый подход в построении расчетных моделей изделия как механической системы/ Сборка в машиностроении и приборостроении, 2009, №5.
9. *Boothroyd G.* Assembly Automation and Product Design (Second Edition) – Taylor&Francis, 2005.
10. *Кидрук М.И.* КОМПАС-3D V10 на 100 % – С-Пб.: Питер, 2009г.

УДК 539.43

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ С УЧЁТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-НЕЧЁТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Хакимова Регина Рамилевна

*Магистр 2 года,  
кафедра «Технология машиностроения»  
Уфимский государственный авиационный технический университет*

*Научный руководитель: А.М. Щипачёв,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Технология  
машиностроения»*

Циклическое нагружение является широко распространенным видом нагружения деталей машин и элементов конструкций в процессе эксплуатации. Несмотря на многообразие существующих методов прогнозирования усталостной прочности, точное моделирование процесса усталостной повреждаемости и разрушения является затруднительным ввиду сложности явлений при этом происходящих.

Для задачи прогнозирования в различных областях науки и техники в последнее время применяется относительно новый метод, основанный на комбинировании нечеткой логики и искусственных нейронных сетей (ИНС) - нейро-нечеткое моделирование [1]. Нейро-нечеткие системы (ННС) позволяют наиболее полно использовать сильные стороны нечетких систем и ИНС. С одной стороны, ННС могут рассматриваться как нечёткие системы (а значит, понятно интерпретировать получаемые результаты), а с другой – как ИНС, состоящие из нейронов специального вида (а значит, способные обучаться). Такая сеть является самообучаемой. Для обучения нужно тщательно подготовить данные, которые мы будем включать в обучающую выборку

Рассмотрим этот подход на примере усталостной долговечности (УД) стали ХН51ВМТЮКФР в зависимости от температуры испытания после операции шлифования. Первая входная переменная будет соответствовать температуре испытания  $t$ , вторая – амплитуде переменных напряжений  $\sigma_a$ . Выходной переменной будет служить усталостная долговечность  $N$ . Данные были взяты из [2].

Разработка гибридной сети и работа с ней проводились в математическом пакете MATLAB 7 в редакторе Anfisedit, который реализует систему нечеткого вывода Сугено в виде пятислойной нейронной сети прямого распространения сигнала.

Проверили точность построенной системы на тех данных, которые не вошли в обучающую выборку ( $t=850^\circ$ ,  $\sigma_a=315\text{МПа}$ ). Получили значение  $N$ , равное  $6.3682 \cdot 10^6$ . Сравнивая это значение со значением, взятым из имеющихся экспериментальных данных[2], видно, что они очень близки и относительная погрешность составляет всего 0.36%. Таким образом, построенную нечеткую модель гибридной сети можно считать достаточно точной для прогнозирования УД.

На рис. 1 приведена поверхность “входы-выход”, где входами являются влияющие факторы температура  $t$  и амплитуда переменных напряжений  $\sigma_a$ , выходом – число циклов  $N$ .

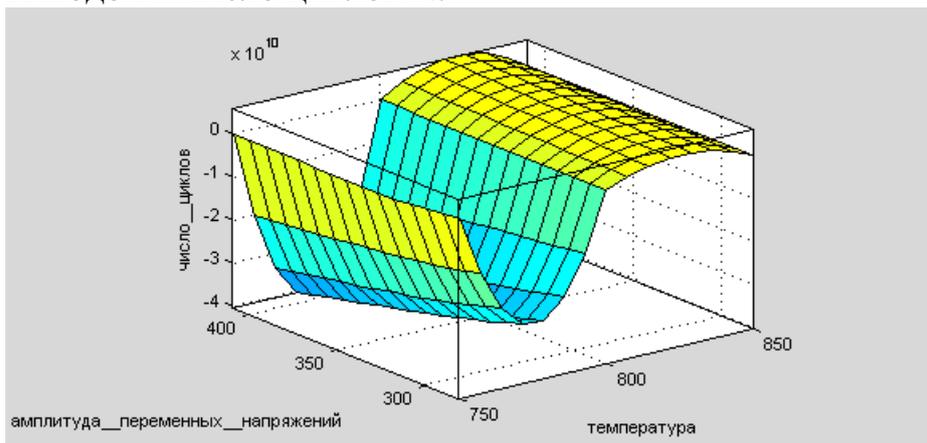


Рис. 1 - поверхность “входы-выход”, соответствующая синтезированной нечеткой системе

## Литература

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.
2. Мухин В.С. Поверхность: технологические аспекты прочности деталей ГТД. –М:Наука,2005.-296 с.

**Секция 4**  
**Секция 4. Метрология и взаимозаменяемость**  
**Литейные технологии**

УДК 532.54

## Построение модели протекания жидких сред между прецезионными герметизирующими поверхностями

Зеленкова Марина Викторовна,

*студентка кафедры МТ-4 «Метрология и взаимозаменяемость»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Скрипка Виталий Леонидович,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Метрология и  
взаимозаменяемость»*

Обеспечение качества запорной арматуры в основном достигается путем ужесточения требований к геометрическим параметрам основных элементов, обеспечивающих герметичность этих устройств.

Однако сейчас этот путь во многом исчерпан вследствие технологических или экономических ограничений. Вместе с тем, даже очень точное выполнение геометрических параметров не всегда является достаточным условием обеспечения герметичности. Обеспечение условий сохранения герметичности затвора обусловлено не только геометрическими факторами, но и многими другими процессами: физическими, химическими, механическими и др., связанными с износом и старением герметизирующих поверхностей элементов затвора.

До конца не ясно как в процессе эксплуатации запорной арматуры изменяется герметичность затвора и не найдена универсальная модель, описывающая этот процесс.

На основе теории перколяции и положений теорем размерности и подобия были получены соотношения между вышеуказанными факторами, которые обеспечивают герметичность для различных моделей протекания.

Например, для модели на основании решеток Бёте получено следующее соотношение:

$$P(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 1/z', \\ \frac{z'x - 1}{(z' - 1)x}, & 1/z' < x \leq 1 \end{cases}$$

где  $P(x)$  – вероятность нарушения герметичности,  
 $x$  – параметр просачиваемости (доля проводящих элементов решетки),  
 $z'$  – параметр ветвления.

Полученная зависимость позволяет найти рациональные соотношения между комплексом параметров различной физической природы, определяющих вероятность нарушения герметичности.

Основными составляющими этой совокупности являются:

- величина зазора герметизирующих поверхностей (носит систематический характер) – исходное значение параметра просачиваемости,
- деградация точности (случайная составляющая) – возникает в процессе старения при эксплуатации,
- динамика изменения основной совокупности параметров (нестационарная составляющая) – возникает из-за износа элементов затвора.

Необходимо отметить, что в процессе эксплуатации возможно образование и эволюция локальных структур, которые определяют конфигурацию решеток просачиваемости и характерный размер решетки.

Эту совокупность можно рассматривать не только статически (в момент изготовления), но и учитывать изменение значений этих параметров, следовательно, и совокупности в целом в процессе эксплуатации.

Это позволяет не только оценивать фактическое состояние запорной арматуры, но и осуществлять прогнозирование скорости прохождения процесса «потери герметичности»

Изменение основных параметров, в частности зазора между герметизирующими поверхностями и средней длины пути для определенной конфигурации модельной решетки, определяется как внешними факторами, например, размером абразивных частиц, так и переходными процессами, например, скоростью и характером потоков при открытии и закрытии затвора.

Таким образом, всегда можно найти определенное сочетание параметров и предпринять предупредительные меры, для создания и поддержания на определенном уровне запаса герметичности и прогнозирования работоспособности запорной арматуры. Это приводит к росту долговечности, продлению эффективности функционирования кранов и задвижек, увеличению межремонтных интервалов.

Предложенную модель можно использовать в подвижных соединениях, например, в гидромоторах.

## Литература

1. *Кадет В.В.* Методы теории перколяции в подземной гидромеханике. – М.: Изд-во ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 96с.

**Секция 5**  
**Литейные технологии**

УДК 621.74.669, 621.74.04

## ОПТИМАЛЬНАЯ ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА И СПОСОБ ЛИТЬЯ ПРИ ЗАЛИВКЕ УЗОРОВ В ЮВЕЛИРНОМ ЛИТЬЕ

Лазарев Алексей Владимирович

*Студент 6 курса*

*кафедра «Литейные технологии»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана  
(МГТУ им. Н.Э.Баумана)*

*Научный руководитель: Мандрик А.А.,*

*доцент кафедры «Литейные технологии»*

Одной из проблем в ювелирном литейном производстве является изготовление качественных ажурных узоров. Для достижения требуемого результата используют различные методы и способы литья, проводят множество экспериментов. На ювелирной фирме по производству обручальных и свадебных колец, была поставлена задача, выявить причины по которым возникает брак популярного ажурного узора при литье, это позволит уменьшить время изготовления колец, снизить их себестоимость.

Для решения этой проблемы были рассмотрены все этапы технологического процесса изготовления ювелирного изделия. Наибольшее влияние оказывает литниково-питающей системы (ЛПС) и способа литья на брак отливки «Ажурный узор».

Оценка результатов производилась по количеству дефектов видов:

1. Недолив.
2. Усадочная пористость.
3. Газовая пористость.
4. Включения.

Были составлены возможные ЛПС на основе рекомендаций из книг [1],[2] и возможных вариантов их размещения, а так же опыта литейщика предприятия. Так же были проанализированы возможности предприятия и выделены четыре способа заливки. Для того чтобы определить наиболее эффективный способ литья, эксперименты проводились на трех литейных машинах, обеспечивающих четыре вида литья:

1. Гравитационное литье без вакуумирования формы в атмосферной среде.
2. Гравитационное литье с вакуумирования формы в атмосферной среде.
3. Гравитационное литье с вакуумирования формы в среде защитных газов.
4. Центробежная заливка без вакуумирования в атмосферной среде.

Заливку формы проводили сплавом серебра 925 пробы.

Опытно промышленные испытания показали:

1. Прямая ЛПС с коллектором и большим количеством питателей является самой оптимальной для данного типа отливок.
2. Способ литья, дающий наиболее качественный результат – это гравитационное литье с вакуумирования формы в среде защитных газов.

### **Литература**

1. *Э.Бриполь*. Теория и практика ювелирного дела.
2. *И.А. Халилов, М.И. Халилов*. Ювелирное литье.

УДК 621.074.01.02

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ВОДНОГО РАСТВОРА КРЕМНЕЗОЛЯ

Родионова Ольга Евгеньевна

*Студентка 4 курса*

*кафедра «Машины и технология литейного производства»*

*Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)*

*Научный руководитель: Емельянов В.О.,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства»*

Литье по выплавляемым моделям остается основным способом получения точных заготовок сложной конфигурации. На Российских заводах технология ЛВМ применяют с использованием этилсиликата. ЭТС токсичен и пожароопасен. Его отверждение в ряде случаев требует применения газообразного аммиака. Замена ЭТС водным раствором кремнезоля предполагает использование импортных материалов. Отечественные аналоги «Армосил» и «Сиалит-20» не отвечают требованиям современного литейного производства. Их технологические характеристики допускают использование связующих лишь в единичном производстве без применения механизации. Основным недостатком отечественных материалов является низкая прочность до прокаливания. Разрушающие напряжения при изгибе составляют от 3 до 7 МПа. Формы, выполненные на ЭТС и испытанные по аналогичной методике, имеют прочность на изгиб 10...15 МПа.

Причина низкой прочности форм на отечественном кремнезоле «рыхлая» макроструктура керамики и растрескивание пленки связующего на микроуровне. Пористость форм связана с возникновением стационарных состояний в процессе гелеобразования. Стационарные динамические структуры (визуально напоминают ячейки Бернара) приводят к образованию сферических полостей диаметром 0,1...0,5 мм. Перемещение выделяющейся при гелеобразовании воды также способствует формированию пористости. В результате этого процесса частицы обсыпки связаны не манжетами огнеупорной суспензии, а лишь точечными перемычками. Гель кремнекислоты в свою очередь образует кристаллы размером 0,001...0,005 мм. Разупрочняющее действие также оказывает остаточное жидкое стекло. В результате при вытопке модельного состава в воде прочность керамики может падать до 1 МПа.

Вопрос увеличения прочности керамических форм на водном растворе кремнезоля можно разделить на два направления:

1. Ведение добавок препятствующих возникновению динамических объектов и способствующих улучшению макроструктуры керамики.

2. Введение органических добавок с целью получения бинарного связующего в котором прочность до прокалики обеспечивает органическая составляющая, а при повышении температуры кремнегель.

В качестве добавок препятствующих существованию стационарных состояний должны выступать вещества смещающие величину сродства процесса гелеобразования. Практически это можно осуществить изменением толщины двойного электрического слоя мицелл кремнезоля, т.е. введением слабых электролитов. Побочным эффектом такого решения является снижение стабильности кремнезоля и соответственно времени живучести суспензии. Были опробованы соединения содержащие бор или магний. Параметром выбора был диаметр атома добавки близкий к диаметру атома кремния. Бор резко повышает седиментационную устойчивость, но не дает эффекта упрочнения. Магний в виде тонкодисперсной окиси магния повышает прочность на 5...10% но суспензия становится не стабильной по гелеобразованию. Кроме того значение прочности не достигает параметров импортных аналогов кремнезелей.

Вариантом увеличения прочностных свойств является применение органических добавок. Выбор в данном случае определяется РН соединения, РН точки полимеризации и прочностная характеристика керамики. В качестве опытной добавки был использован бутилстирол с радиусом частиц 35...40нм при РН=8 и точкой полимеризации при РН=9. Кремнезоль имел РН=8 при концентрации  $\text{SiO}_2 = 40\%$ . Керамические формы выполнялись на кварцевом песке с диаметром частиц от 0,63мм на первом слое до 1,5мм на четвертом слое. Установлено, что добавка бутилстирола в количестве 8...12% от массы связующего увеличивает прочность не прокаленной керамики до 15...18МПа. После прокалики прочность составляет 10...13МПа. Для изготовления форм на механизированных линиях и заливки в опорном наполнителе эти параметры можно считать удовлетворительными.

Кроме экологического аспекта перехода с ЭТС на водные растворы кремнезоля имеется возможность энергосбережения. Как показали опытно промышленные испытания температура прокалики форм под заливку стали может не превышать  $500^{\circ}\text{C}$  (если позволяет толщина детали). По видимому это связано с отсутствием кремнеорганической составляющей процесса поликонденсации при образовании геля. Бинарные связующие представляют собой химически не связанные компоненты и деструкция полимера не препятствует удалению воды из кремнегеля. В целом технология ЛВМ на водном растворе кремнезоля с добавкой бутилстирола позволяет получать отливки из черных и цветных металлов массой от 0,1 до 100кг.

### **Литература**

1. Емельянов В.О., Мартынов К.В., Бречко А.А. Структура и свойства керамических форм на связующем «Армосил» Литейщик России. – 2007. – № 6, с. 13-14
2. Емельянов В.О., Мартынов К.В., Бречко А.А. Особенности технологии изготовления керамических форм на основе водного раствора кремнезоля Санкт-Петербург, РИО, Издание Санкт-Петербургского института машиностроения, 2007 г.

УДК 621.74

## О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПРИБЫЛЕЙ ОТЛИВОК

Романов Денис Васильевич

*Студент 6 курса,*

*кафедра «Литейные технологии и оборудование»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Ю.Коротченко,*

*К.т.н., доцент кафедры «Литейные технологии и оборудование»*

Одним из наиболее важных этапов процесса проектирования технологии литья отливок, безусловно, является вопрос обеспечения питания тепловых узлов отливки. На данном этапе инженеру-технологу необходимо выбрать место установки прибылей, их количество, конфигурацию и рассчитать размеры с целью исключения возникновения усадочных дефектов.

В настоящее время разработаны различные инженерные методы расчета прибылей: метод Пржибла, метод Бишопа-Джонсона, метод Чеботарева – Чикунова, метод Галдина и др. Часть из них связывает приведенный размер отливки (узла) и прибыли, часть – объем прибыли и питаемой отливки (узла отливки). Анализ существующих методик расчета прибылей показывает, что все они базируются на достаточно простом соотношении приведенных размеров питаемого узла и прибыли:

$$(1) \quad R_{np} = k \cdot R_0$$

где  $R_0$  - приведенный размер узла отливки,  $k$  - коэффициент запаса.

При этом коэффициент запаса в рассмотренных методиках для обычных прибылей лежит в пределах  $k = 1.0 \div 1.5$ .

При кажущейся простоте формулы (1) существовала главная трудность в ее использовании – назначение коэффициента запаса  $k$ . Данная трудность разрешалась во всех перечисленных методиках на основе производственных и экспериментальных данных, т.е.  $k$  подбирался эмпирически. При этом для каждого вида сплавов приходилось ставить новые эксперименты и находить  $k$ . Такой путь кажется достаточно трудоемким, поэтому целесообразно теоретически найти данный коэффициент.

На основе модели малой интенсивности охлаждения было получено следующее соотношение приведенных размеров узла и прибыли:

$$\frac{R_{np}}{R_0} = \frac{\left[ \frac{c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_{зал} - T_L)}{1.13 \cdot b_\phi \cdot (T_L - T_{\phi н})} + \frac{c_{эф} \cdot \rho_2 \cdot (T_L - T_S)}{1.13 \cdot b_\phi \cdot (T_S - T_{\phi н})} \cdot f_{s2} \right]}{\left[ \frac{c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_{зал} - T_L)}{1.13 \cdot b_\phi \cdot (T_L - T_{\phi н})} + \frac{c_{эф} \cdot \rho_2 \cdot (T_L - T_S)}{1.13 \cdot b_\phi \cdot (T_S - T_{\phi н})} \cdot f_{snp} \right]}, \quad (2)$$

где  $c_1$  - удельная теплоемкость расплава,  $\rho_1$  - плотность расплава,  $b_\phi$  - коэффициент тепловой аккумуляции формы;  $T_{зал}$ ,  $T_L$ ,  $T_S$ ,  $T_{\phi н}$  - температура заливки, ликвидус, солидус расплава и начальная температура формы соответственно,  $c_{эф}$  - эффективная удельная теплоемкость,  $\rho_2$  - плотность расплава в интервале затвердевания,  $f_{snp}$  - доля твердой фазы в прибыли на момент окончания фильтрации,  $f_{s2}$  - доля твердой фазы окончания фильтрации.

Более наглядное и простое выражение получается при допущении, что временем снятия перегрева можно пренебречь ввиду его малости относительно времени затвердевания:

$$R_{np} = \frac{f_{s2}}{f_{snp}} \cdot R_0 \quad (3)$$

Для экзотермических прибылей найдено соотношение:

$$R_{np} = \left( \frac{f_{s2}}{f_{snp}} \right) \cdot \left( \frac{b_{Э.С}}{b_\phi} \right) \cdot R_0 \quad (4)$$

где  $b_{Э.С}$  - коэффициент тепловой экзотермической смеси.

Полученные выражения (3) и (4) полностью аналогичны (1), если принять коэффициент запаса

$$k = \frac{f_{s2}}{f_{snp}} \quad \text{или} \quad k = \left( \frac{f_{s2}}{f_{snp}} \right) \cdot \left( \frac{b_{Э.С}}{b_\phi} \right)$$

Соотношения (2), (3) и (4) применимы для расчета прибылей из любых сплавов. При этом, в отличие от существующих методик, возможно учесть как теплофизические параметры сплава и формы, так и параметры технологии изготовления отливки.

## Литература

1. *Баландин Г.Ф.* Основы теории формирования отливки. В 2-х ч. – Ч.2 – М.: Машиностроение, 1976 – 335 с, с ил.
2. *Нехендзи Ю.А.* Стальное литье. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1948 – 767 с.
3. *Галдин Н.М., Чистяков В.В., Шатульский А.А.* Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок.-М.: Машиностроение, 1992-256 с, с ил.
4. *Christoph Beckermann.* Yield improvement and defect reduction in steel casting. Final technical report. The university of Iowa.2004

## **РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗМЕРА ПРИ ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ ОТЛИВКИ ТИПА ВОЛНОВОД**

Чернышев Павел Алексеевич<sup>(1)</sup>, Халикова Камила Касимовна<sup>(2)</sup>

*Студент 6 курса<sup>(1)</sup>, студентка 3 курса<sup>(2)</sup>,*

*Кафедра «Литейные технологии»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана.*

*Научный руководитель: В.А. Рыбкин,*

*Доктор технических наук, профессор кафедры «Литейные технологии»*

### **Краткое вступление, постановка проблемы**

Модернизация существующих и создание новых машин и приборов потребовало разработки деталей сложной конфигурации, к которым предъявляются высокие требования точности их размеров. К таким деталям относятся разнообразные по конструкции волноводные узлы, используемые главным образом в радиоэлектронной промышленности. Волноводы представляют собой тонкостенные детали со сложной конфигурацией внутренних каналов. Основным показателем качества волноводов является точность размеров каналов. Решение задачи повышения точности размеров отливок волноводного класса, изготовленных по выплавляемым моделям, является актуальной, так как способствует улучшению служебных характеристик радиоэлектронной аппаратуры, является резервом повышения производительности труда за счет устранения механической обработки сложных по конфигурации каналов волноводов.

### **Цель работы**

Целью настоящей работы является повышение точности размеров отливок из алюминиевых сплавов по выплавляемым моделям деталей радиоаппаратуры.

### **Базовые положения исследования**

Для достижения цели, поставленной в работе, решалась научная задача, заключающаяся в установлении закономерностей влияния физических свойств материалов формы и отливки, технологических режимов прокаливания, заливки, охлаждения отливки на формирование действительных размеров отливок и их отклонений. Была создана программа в объектно-ориентированной среде Delphi, разработан графический интерфейс, представлена наглядная визуализация данных.

## Результаты

Суммируя проведенную работу, основными преимуществами, при работе с программой Допуск являются:

1. Возможность расчета необходимого размера канала в пресс-форме для изготовления модели по результатам работы программы.
2. Наглядное представление теплового взаимодействия формы, стержня и Расплава.
3. Возможность проверки полученных размеров, контроля и исправления технологических ошибок на этапе проектирования.
4. Возможность определения номинального размера детали и оптимального отклонения размера канала. Результатом работы программы является полученный конечный размер после охлаждения отливки, опираясь на который мы можем определить необходимый размер пресс-формы для удовлетворения конструкторских требований по точности. Программа имеет широкое применение и может быть использовано для расчета отверстий аналогичной простой конфигурации любых сплавов для любого метода литья.

## Литература

1. Шкленник Я.И., Озеров В.А. Инженерная монография ЛВМ, издание 2-е. М.: Машгиз.
2. Трухов А.П., Маляров А.И. Литейные сплавы и плавка. М.: Академия, 2004.
3. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки, т.1, II. М.: Машиностроение, 1979.
4. Галдин Н.М., Чернега Д.Ф., Иванчук Д.Ф. Цветное литье. Справочник. М.: Машиностроение, 1989.
5. Трухов А.П., Маляров А.И. Литейные сплавы и плавка. М.: Академия, 2004.
6. John Campbell «The 10 rules of castings», published by Elsevier Ltd., 2004
7. John Campbell «The new metallurgy of cast metals» second edition, published by Elsevier Ltd., 2003

**Секция 6**  
**Оборудование и технологии обработки давлением**

УДК 621.98

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛИ № 3160-1101016 «КОРПУС ТОПЛИВНОГО БАКА АВТОМОБИЛЯ УАЗ-3160»

Айнуллов Альберт Ирфанович

*Студент 5 курса, кафедра «Кузовостроение и обработка давлением»  
Московский государственный технический университет «МАМИ»*

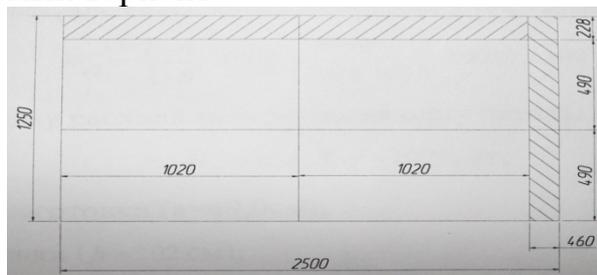
*Научный руководитель: Н. Ф. Шпунькин,  
кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Кузовостроение и  
обработка давлением»*

Раскрой металла оказывает большое влияние на норму расхода металла и экономное его использование. При раскрое материала снижение расхода металла может быть обеспечено за счет применения малоотходного или безотходного раскроя, уменьшения величины перемычек, использование отходов для изготовления других деталей и так далее.

Проанализирован действующий и предложен рациональный способ раскроя металлопроката для изготовления детали № 3160-1101016 «Корпус топливного бака автомобиля УАЗ-3160». На предприятии ОАО «Ульяновский автомобильный завод» предложено изменить вид используемого металлопроката: вместо листа применить рулон, что позволит существенно сократить материальные издержки при штамповке. Рассмотрим несколько вариантов раскроя материала на заготовки.

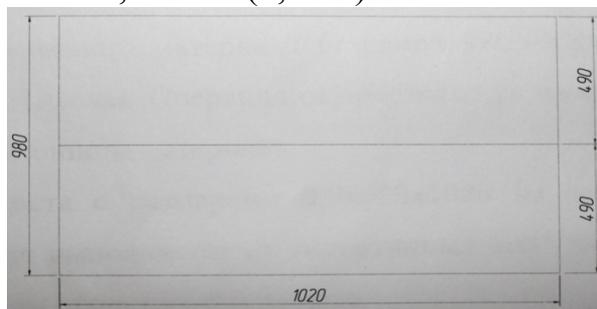
1. На предприятии (ОАО «УАЗ»).

В качестве материала принят лист с размерами 0,9x1250x2500 мм. Количество заготовок из листа – 4 шт. Коэффициент раскроя составляет 64%. Средний коэффициент раскроя в данной отрасли (автомобилестроения) 70-75%, таким образом целесообразно применить технологическое решение увеличивающее коэффициент раскроя и являющееся эффективным. Рассмотрим предлагаемый вариант.



2. Предлагаемый вариант.

В качестве исходного, принят рулонный материал с размерами 0,9x980x1020 мм. Количество отделяемых заготовок – 2 шт. Соответственно коэффициент раскроя составляет 100%. Снижение нормы расхода металла составляет 0,179 кг. (4,86%).



Данная технология разработана в рамках дипломного проекта.

УДК 621.7.043

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ ТРУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТОЛСТОСТЕННЫХ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК.**

Акопова Тамара Артуровна

*Студент 5 курса, магистр 2 года,  
кафедра «Системы пластического деформирования»  
Московский государственный технологический университет «Станкин»*

*Научный руководитель: А. Э. Артес,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Системы пластического деформирования»*

### **Актуальность работы**

Внедрение энергоресурсосберегающих технологий является одной из важных задач машиностроения. Одним из направлений, применительно к этой проблеме, является штамповка определенной номенклатуры изделий из трубных заготовок. Трубные заготовки составляют около 8 % из всего объема заготовок, используемых в производстве деталей общемашиностроительного назначения. Для производства деталей типа высоких втулок, гильз, цилиндров, колец подшипников в массовом производстве использованию труб мешает: высокая цена, невысокая точность, но если заменить процессы резания на процессы формообразования с применением горячего, полугорячего и холодного деформирования, то в мелкосерийном и серийном производстве штамповка из труб становится выгодной при производстве деталей машин.

### **Научная новизна работы**

заключается в разработке технологического процесса и устройства для обжима в холодном состоянии трубчатых деталей. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность технологического процесса.

### **Выводы**

Полученные холодной штамповкой полые ролики не требуют лезвийной обработки по наружному диаметру. Обрабатываются только припуски с торцов, и ведется расточка до нужного размера диаметра отверстия. Предварительное математическое моделирование и ряд

экспериментов позволили автору получить аналитические зависимости для определения технологических сил, необходимые для дальнейшего проектирования штампового инструмента, и выбора технологического оборудования.

### Литература

1. *Артес А. Э., Серов Е. С., Третьюхин В. В., Гуреева Т. В.* Разработка технологических процессов холодного выдавливания трубчатых изделий// КШП. ОМД. 2009. №6. С. 27-30.
2. *Артес А. Э.* Технологические процессы изготовления поковок из трубных заготовок// КШП. ОМД. 2003. №11. С. 31-35; № 12. С. 31-35.
3. *Артес А. Э.* Трубные заготовки для пластического деформирования// Машиностроение: Энциклопедия. Т. III-2. М. Машиностроение, 1996. С. 24-26.
4. *Акаро И. Л. Троицкий В. П.* Исследование операций обжима толстостенных труб в жестких матрицах// КШП. ОМД. 2000. №11. С.1-11.
5. *Попов Е. А.* Технология и автоматизация листовой штамповки. М.: МГТУ им. Баумана. 2003, стр.156-162
6. *Субич В. Н., Шестаков Н. А., Демин В. А., Власов А. В.* Расчет и проектирование процессов объемной и листовой штамповки. М.: МГИУ, 2007. -414 с., стр. 85-89.
7. *Друянов Б.А.* Теория технологической пластичности. М.: Машиностроение. 1990, стр. 159
8. *Ковка и штамповка. Справочник. В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка.* М.: Машиностроение, 1987. 544 с.

УДК 621.762.4.04

## **ПРИМЕНЕНИЕ РКУ - ПРЕССОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ГРАНУЛ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Алеева Эльвира Рашитовна

*Студентка 5 курса*

*Кафедра «Обработка материалов давлением»*

*ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьева»*

*Научный руководитель: Первов М. Л.*

*Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением»*

В последнее время широкое применение находит метод равноканального углового прессования (РКУ-прессование) для получения металлов и сплавов с заданной структурой. Использование интенсивных деформаций возникающих при РКУ-прессовании может быть успешно использовано для создания структуры и заданных свойств композиционного материала.

Эксперименты по влиянию РКУ-прессования на свойства брикетов проводили на брикетах композиционного материала состоящего из гранул сплава 1379 (основа) и гранул технически чистого алюминия АД0 (наполнитель). Гранулы основы и наполнителя смешивали в пропорциях 70% и 30% (по массе) соответственно и из полученной смеси изготавливали брикеты диаметром 20 мм и высотой 20-25 мм. РКУ-прессование брикетов из смеси гранул проводили в матрице

Диаметр входного отверстия составлял 20 мм, каналы пересекаются под углом 90° и диаметр выходного отверстия 19,5 мм. Матрица вставляется в обойму

2 На образцах после РКУ-прессования исследовали структуру и определяли их прочностные свойства брикетов.

3 Исследование влияния температуры РКУ-прессования брикетов показали, что до температуры 420 °С разрушаются связи между гранулами, образовавшимися при брикетировании. При дальнейшем повышении температуры РКУ-прессования повышается прочность брикета.

4 Равномерность распределения наполнителя оценивали по количеству пересечений линиями границ основа - наполнитель.

### Литература

1. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Справ. изд. /Балахонцев Г.А., Барбанель Р.И., Бондарев Б.И. и др./ 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1985. 352 с.
2. А.с. СССР №1413824. В.Ю. Конкевич, А.Н. Волчков, М.Л. Первов, В.М. Фёдоров, В.М. Сальников, В.Л. Гришин, В.К. Король, О.И. Качайник, Е.И. Чулков. Композиционный материал.
3. М.Л. Первов, В.Ю. Конкевич «Пути повышения пластичности эвтектических сплавов алюминия»//Кузнечно-штамповочное производство.- №8.-2006.-С.31-33.

## **ПОЛУЧЕНИЕ НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЖИДКОФАЗНОГО СПЕКАНИЯ**

Артёмов Фёдор Евгеньевич<sup>(1)</sup>, Бондаренко Александр Константинович<sup>(2)</sup>,  
Жанзаков Павел Кабдукалиевич<sup>(3)</sup>

*Инженер-технолог<sup>(1)</sup>, Инженер-технолог<sup>(2)</sup>, Инженер-технолог Зк<sup>(3)</sup>  
Отдел обработки металлов давлением  
Научно-исследовательский институт технологии и организации  
производства двигателей*

*Научный руководитель: И.А.Бурлаков,  
доктор технических наук, начальник отдела обработки металлов давлением*

Выполненные исследования по созданию неразъемных соединений из заготовок из сплава ЭП741НП методом жидкофазного спекания на основе исследования механических свойств показали перспективность данного метода.

Особое внимание необходимо обратить на разработку и применение устройства для локального нагрева места неразъемного соединения деталей.

После жидкофазного спекания свойства образцов улучшаются. Выше временное сопротивление разрыву, улучшаются показатели пластичности.

Длительная прочность некоторых образцов без разрушения достигает 899 часов.

В исследуемых образцах в зоне соединения деформация при испытании на разрыв идет по механизму, который реализуется в высокопластичных сплошных металлах, то есть перед разрушением в них образуются поры

Исследования показали, что спекание возможно с применением нагрева в вакууме как в печи, так и электронным лучом.

### **Литература**

1. Белов А.Ф. *Металлургия гранул. Сб. статей, вып.3 ВИЛС, 1986. –30с*
2. Антонов В.В. *Спекание многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы. Доклад. –1989,–с 4-7*

УДК 621.77.07

## **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВОК ЛОПАТОК ГТД ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ГОРЯЧИМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ С ПОДВИЖНЫМИ МАТРИЦАМИ**

Афони́на Анастасия Павловна<sup>(1)</sup>, Скобелева Анна Сергеевна<sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, аспирант 2 года<sup>(2)</sup>*

*Кафедра «Обработка материалов давлением»*

*ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная академия имени П.А.Соловьева»*

*Научный руководитель: М.Л. Первов*

*кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением»*

Практическое осуществление изотермической штамповки потребовало новых разработок в области деформирующего оборудования, штампов и установок для нагрева штампов, а также теоретических и экспериментальных исследований параметров технологических процессов.

В качестве деформирующего оборудования для изотермической штамповки применяют в большинстве случаев гидравлические прессы.

Целью данной работы является: исследование и разработка способа изготовления штамповок лопаток ГТД переменного сечения горячим выдавливанием с подвижными матрицами.

Для осуществления данного технологического процесса и проведения изотермического выдавливания необходима установка для изотермического выдавливания, которая позволяла получать выдавленные штамповки переменного сечения. Переменное сечение, близкое по форме к готовой лопатке, позволит уменьшить коэффициент использования материала за счет уменьшения припусков по перу и хвостовику.

Установка содержит верхнюю плиту с закрепленным на ней пуансоном, нижнюю плиту, на которой размещаются две полуматрицы. В отверстиях плиты располагаются два клина с отдельной системой гидравлического привода и выталкиватель. На полуматрицах располагается контейнер для заготовки.

В ходе данного технологического процесса получается штамповка переменного конического сечения и появляется возможность получения штамповок лопаток близких к готовой детали.

### Литература

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. Совет: Е.И.Семенов и др. – М.: Машиностроение, 1985 – т.2.Горячая штамповка/ под ред. Семенова, 1985г., 592 с.
2. *Мамаев В.Б.* Технология производства лопаток ГТД. Учебное пособие РГАТА, 2004 г., 58с.
3. *Никольский Л.А.* Горячая штамповка заготовок из титановых сплавов, М., Машиностроение, 1964, 227 с.

УДК 53.084.823

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СБОРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Асеев Александр Сергеевич<sup>(1)</sup>, Берестова Ирина Владимировна<sup>(2)</sup>

*Студент 6 курса<sup>(1)</sup>, студент 6 курса<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Оборудование и технологии обработки давлением»  
Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,*

*Научный руководитель: А.С. Езжеев,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии  
обработки давлением»*

В работе рассмотрены вопросы технологии изготовления и сборки панелей, а также конструкция автоматизированной линии для их производства.

Технологический процесс включает в себя профилирование полосы на специализированных профилегибочных станах с получением мерных профилей двух типоразмеров и неразъемное соединение этих профилей в рамы разных форм и размеров.

Выполнено моделирование процесса профилегибки в программном комплексе COPRA2002, по результатам которого определены оптимальные параметры станом. Выполнено, также, моделирование процесса соединения профилей между собой завальцовкой с использованием программного комплекса DForm.

Разработаны конструкции профилегибочных станом, летучих штампов для пробивки и отбортовки отверстий в движущейся ленте перед входом в стан и летучих ножниц для отрезки профилей заданной длины, а также устройства для сборки профилей в раму с использованием цангового механизма завальцовки.

Конструкции, разработанные в чертежах, представлены также и в трехмерном изображении.

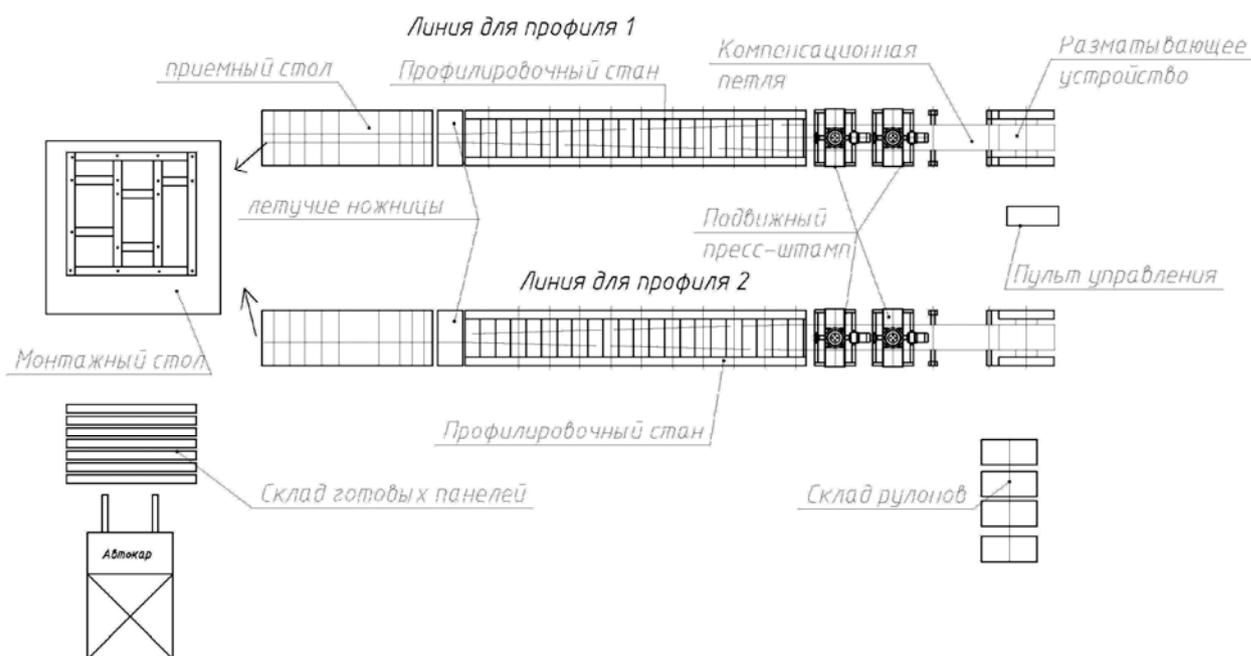


Рис. 1. Общий вид линии.

### Литература

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке.-6-е изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979.- 520 с.
2. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки: Учебник для вузов.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003, 480 с.
3. А.Д. Матвеева. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка/ Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др.- М.: Машиностроение, 1985-1987.- 544 с.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.-8-е изд., перераб. и доп.- М.: Издательский центр
5. А.Н.Банкетов, Ю.А.Бочаров, Н.С.Добринский и др. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов под ред. А.Н.Банкетова, Е.Н.Ланского.-2-е изд., перераб. и доп.- М.:Машиностроение, 1982.-576 с., ил.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т.- 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой.- М.: Машиностроение , 2001.- 920 с.: ил.

УДК 621.981.1

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ МЕТОДОМ ИНТЕНСИВНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Байкалов Дмитрий Олегович <sup>(1)</sup>, Дементьев Кирилл Сергеевич <sup>(2)</sup>, Лисин Игорь Олегович <sup>(3)</sup>

*Студенты 5 курса, кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением»*

*Ульяновский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.И. Филимонов,  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением»*

Развитие строительства в России требует применения новых высокоэкономичных заготовок. Одним из видов таких заготовок являются длинномерные гнутые перфорированные профили. Штамповка при их изготовлении имеет ограниченные возможности в отношении длины и сложности сечения профилей.

Технология производства данных профилей в роликах может иметь различные варианты сочетаний процессов перфорации и профилирования:

- Перфорация ленты в штампе – профилирование в роликах.
- Перфорация ленты в роликах – профилирование.
- Профилирование ленты – перфорация в штампах (роликах).

Третий из указанных процессов имеет существенное ограничение: перфорирование сформованного профиля возможно лишь на открытых участках (преимущественно на донной части профиля или на горизонтальных полках).

Преимуществом первого процесса является высокая точность размеров пробиваемых отверстий и их расположения, если перфорация осуществляется на прессе с шаговой подачей заготовки (вне линии профилирования). Однако в этом случае требуется дополнительная линия перфорации.

Во втором процессе перфорация может осуществляться в первых клетях профилировочного станка. Этот вариант технологии является предпочтительным, хотя возможно и встраивание перфорирующего пресса в линию профилирования. Эти два варианта технологии служили объектом исследований. Предметом изучения являлись профили преимущественно типовой номенклатуры с отверстиями круговой или прямоугольной формы со скруглением в угловых зонах, изготавливаемые из тонколистовых заготовок из низкоуглеродистых сталей. При этом применяли метод

интенсивного деформирования (МИД), характеризуемый применением закрытых калибров, подсадкой полок и другими отличиями по сравнению с традиционным профилированием (ТП) и стесненным изгибом (СИ). МИД обеспечивает высокую эффективность в условиях мелкосерийного производства в связи с использованием малогабаритного оборудования, меньшего количества технологического оснащения.

Созданная на основе результатов проведенных исследований методика (алгоритм) разработки технологии изготовления МИД перфорированных профилей позволяет повысить качество перфорированных профилей, уменьшить трудоемкость и затраты на освоение технологии на 12 – 15%.

Технические решения по перфорирующей роликовой паре, а также методика разработки технологии внедрены на ряде промышленных предприятий РФ с расчетным годовым экономическим эффектом 420 тыс. руб.

УДК 621.7.043

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОКОВОК С ФЛАНЦЕМ

*Бильчук Мария Викторовна*

*Студентка 6 курса, магистр 2го года обучения,  
Кафедра «Системы пластического деформирования»  
ГОУ ВПО Московский Государственный Технологический Университет  
«СТАНКИН»*

*Научный руководитель: Е.Н. Сосенушкин,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Системы пластического  
деформирования»*

### Актуальность работы

В отечественной промышленности распространены детали типа фланцев. Такие детали широко применяются в различных отраслях промышленности, в частности - в арматуростроении. Отрасль арматуростроения на сегодняшний день вполне продвинута и конкурентноспособна. Однако актуален вопрос повышения эффективности производства и снижения себестоимости изделий арматуростроения, поэтому тема работы является актуальной.

**Научная новизна** работы заключается в получении на основе математической модели энергетического метода аналитических зависимостей для определения технологических сил и выявлении закономерности течения металла при сложном комбинированном выдавливании с разделением очагов деформации, позволяющие прогнозировать возникновение дефектов в виде зажимов и недоштамповок на основе компьютерных моделей. Проведенные экспериментальные исследования установили адекватность математических и компьютерных моделей реальным технологическим процессам, что подтверждает достоверность полученных результатов.

**Практическая ценность** работы заключается в рекомендациях по конструированию специального устройства противодавления, встраиваемого в штамп с разъемными матрицами, позволяющего универсальным прессам работать в режиме прессов двойного действия; в рекомендациях по конструированию специального штампа с разъемными матрицами, позволяющего штамповать поковки одного типоразмера, схожей номенклатуры.

## **Выводы**

На основе анализа характеристик, полученных при проектировании технологического процесса, разработана конструкция специального устройства противодействия, встраиваемого в штамп, для обеспечения возможности работы универсальных прессов в режиме прессов двойного действия, что значительно расширяет их технологические возможности. Проведенное математическое моделирование в рамках энергетического метода позволило получить аналитические зависимости для определения технологических сил на наиболее нагруженной стадии деформирования; анализ результатов компьютерного моделирования позволил оценить напряженно – деформированное состояние заготовки при сложном течении металла, установить возможные дефекты формообразования и внести в конструкцию рабочего инструмента коррективы для их устранения.

УДК 621.777

## **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТРУДНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ ШТАМПОВКИ (КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ВЫСАДКИ С ПРЯМЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ)**

Бондаренко Александр Константинович<sup>(1)</sup>, Артёмов Фёдор Евгеньевич<sup>(2)</sup>,  
Жанзаков Павел Кабдукалиевич<sup>(3)</sup>

*Инженер-технолог<sup>(1)</sup>, Инженер-технолог<sup>(2)</sup>, Инженер-технолог Зк<sup>(3)</sup>*

*Отдел обработки металлов давлением*

*Научно-исследовательский институт технологии и организации  
производства двигателей*

*Научный руководитель: И.А.Бурлаков,*

*доктор технических наук, начальник отдела обработки металлов давлением*

Разработана модель процесса комбинированной штамповки полых деталей с широким фланцем, позволившая на основе изучения пластичности и оценки возможности разрушения жаропрочного никелевого сплава ХН60ВТ получать бездефектные детали с заданными параметрами и свойствами.

### **Литература**

1. “Марочник сталей и сплавов”. Под ред. Зубченко А.С. М. Машиностроение 2001.
2. Ф.Ф. Химушин. “Жаропрочные стали и сплавы”. Металлургия М. 1964 г.
3. Пасько А.Н. «Холодная объемная штамповка осесимметричных заготовок» ТулГУ. Тула 2004. 251 стр.

**УДК 621.73.012**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРЕССА ДЛЯ ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВКИ КЛАПАНА ЭЛЕКТРОВЫСАДКОЙ**

Валькова Светлана Олеговна

*Студентка 6 курса*

*кафедра «Технологии обработки давлением»*

*Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.М. Дмитриев,*

*Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор кафедры*

*«Технологии обработки давлением»*

### **Аннотация**

Рассматривается один из путей повышения производительности и экономичности при изготовлении детали клапана. Обеспечение высокой экономичности предполагается достичь путем использования электровысадочной машины, с последующей доштамповкой заготовки на КГШП, что позволяет не нагревать всю заготовку и соответственно снижает припуски на стержневую часть поковки, и как следствие уменьшение расхода материала на изготовление детали.

### **Введение**

В условиях современных экономических отношений, к кузнечно-штамповочному производству предъявляется ряд требований, таких как: производительность, универсальность, экономичность, надежность.

В работе сопоставлены технологические процессы изготовления клапана, предложен оригинальный технологический процесс штамповки, в результате математического моделирования установлены наилучшие параметры процесса, приведена разработанная конструкция специализированного пресса.

### **Основные идеи**

Для улучшения качества штамповки тарелки клапана автомобиля производится подготовка заготовки электровысадкой. Электровысадка менее производительна, чем последующая доштамповка заготовки на КГШП в режиме автоматических ходов. Для выравнивания их производительности создается специализированный пресс.

## Полученные результаты и выводы

В процессе работы были рассмотрены различные варианты получения поволоков типа клапана. Смоделированы два метода получения поковки клапана. Исследование показало, что процесс совмещения электровысадки с доштамповкой на КГШП более технологичен и рационален по сравнению с простым выдавливанием за два перехода: поскольку не требует нагрева всей заготовки, что улучшает качество поверхности в стержневой части при методе электровысадки. Анализ построенного уравнения регрессии по результатам компьютерного эксперимента позволил выбрать наилучший вариант электровысадки. Разработанная конструкция двенадцатипозиционной электровысадочной машины для данного технологического процесса реализует найденный наилучший вариант электровысадки и обладает высокой производительностью.

## Литература

1. *А. П. Атрошенко* «Механизация и автоматизация горячей штамповки», Машиностроение. 1965г.
2. *В.Н. Субич, Н.А. Шестаков* У/п «Расчет и проектирование технологических процессов объемной штамповки» МГИУ М. 2003г.
3. *П.И. Полоухин, Г.Я. Гунн, А.М. Галкин* Справочник «Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов» Металлургия 1976г.
4. Расчет технологических процессов электровысадки. ЭНИКМАШ, 1982г.
5. Моделирование кузнечно-штамповочного оборудования средствами программного комплекса анализа динамических систем ПА9. /Под ред. *Е. Н. Складчикова*, кафедра МТ6 2005г.
6. Применения программ ANSYS и LSDYNA для анализа машин и технологических процессов обработки давлением методом конечных элементов. /Под ред. *А. В. Власова, М. А. Горькова*, Москва 2008г.
7. *Новик Ф.С., Арсов Я.Б.* Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. –М.: Машиностроение–Техника, 1980. – 304 с.

УДК 658.011.56:621.979.001.57

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ПНЕВМОПРИВОДОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Володина Ольга Анатольевна

*Студент 5 курса , магистр 1 года , кафедра «Системы пластического деформирования» Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*

*Научный руководитель: А.М.Смирнов, кандидат технических наук, профессор кафедры «Системы пластического деформирования»*

Одним из важных требований предъявляемых к приводам средств автоматизации является их быстродействие. Это особенно актуально при создании средств автоматизации кузнечно-штамповочного оборудования [КШП], так как требует учёта наибольшего числа факторов. Из [1,2] известны методики моделирования переходных процессов в пневмоприводах технологических машин, в том числе и с использованием вычислительной техники. Однако отсутствие данных о фактических размерах и массе подвижных частей приводит к достаточно большим погрешностям при вычислении составляющих времени цикла. Вместе с тем, не смотря на разнообразие конструктивных решений силовых цилиндров, возможна разработка ее обобщённой структурнопараметрической модели, а так же модели системы управления. На основе такой модели проектант создаёт виртуальную конструкцию силового цилиндра с параметрами, соответствующими проектировочным расчётам. Представленная система реализована с использованием параметрического графического пакета TFLEX-CAD 3D.

На рис.1 показан пример обобщённой структуры двухстороннего пневматического цилиндра, а на рис.2 -3D модель крышки задней. Возможности графического пакета TFLEX-CAD 3D позволяют учитывать физические свойства элементов конструкции и пользователь системы получает возможность оценивать используемые для изготовления материалы (например, сравнивать возможности использования стальных и алюминиевых поршней), влияние коэффициента трения, различных видов уплотнений и т.д.

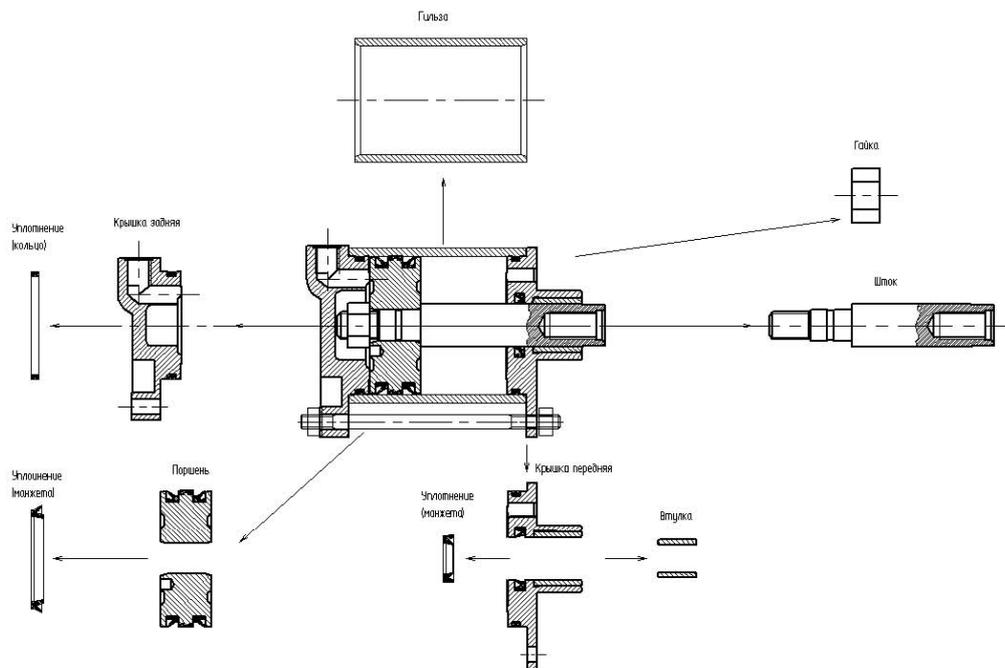


Рис.1 «Взрывная» схема двухстороннего пневматического цилиндра

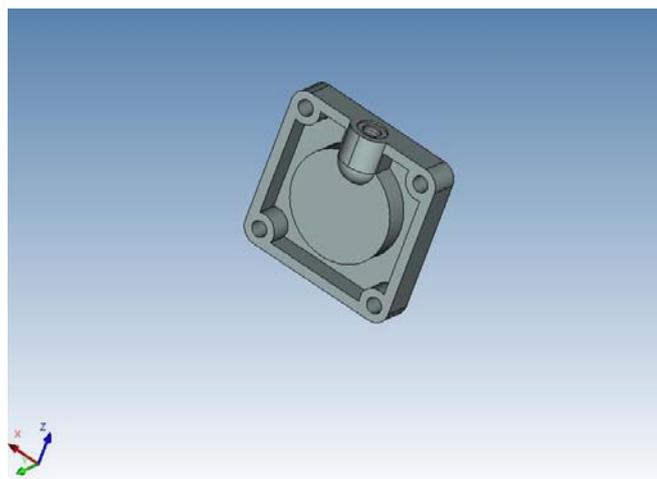


Рис.2 3D модель крышки задней двухстороннего пневматического цилиндра

### Литература

- 1 Герц Е.В., Крейнин Г.В. Динамика пневматических приводов машин-автоматов. М.: Машиностроение, 1964. 235 с.
- 2 Смирнов А.М. Автоматизация проектирования и моделирование работы средств автоматизации кузнечно-штамповочных машин и комплексов // «Кузнечно-штамповочное производство» 1993, №4 с.30

УДК 53.084.823

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТИКСОШТАМПОВКИ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DEFORM 3D

Говорухина Екатерина Викторовна

*Студент 6 курса*

*кафедра «Оборудование и технологии обработки давлением»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,*

*Научный руководитель: Ю.А. Бочаров,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии обработки давлением»*

Моделирование процесса тиксоштамповки рассмотрено на примере получения детали поршня двигателя внутреннего сгорания из цилиндрической тиксозаготовки.

В работе рассмотрен процесс создания модели тиксотропного материала в программном комплексе DEFORM 3D, особенности задания параметров расчета при деформировании в две стадии, особенности создания модели инструмента с учетом его геометрической сложности.

Проведен анализ полученного результата и оценка его адекватности.

Определены технологические требования к оборудованию для производства подобных изделий.

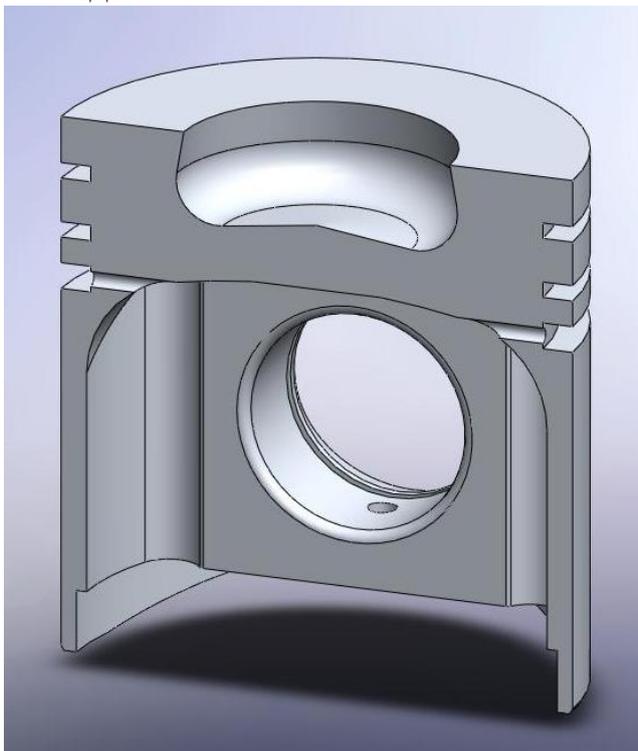


Рис. 1 Разрез поршня двигателя внутреннего сгорания

## Литература

1. Семенов Б.И., Бочаров Ю.А., Куштаров К.М., Гладков Ю.А., Хижнякова Л.В. Современные технологии формообразования в твердожидком состоянии. // Кузнечно-штамповочное производство №9, №10 2006 г.
2. Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
3. Eskin G.I., Semenov B.I., Serebryany V.N., Kirdeev Yu.P. Proc. of 7-th International Conference on semisolid processing of alloys and composites, (2002), pp. 397-402.
4. Semenov B.I. Principles and modern tendencies for specialized billet feedstock production as slurry on demand. Pros. of ICMAT-2005, Korea, pp.47-56.
5. Bocharov Yu.A., Semenov B.I., Kushtarov K.M., Gladkov Yu.A., Khizhnyakova L.V. "SSM - Thixoforming Unit Design Requirements" / Proc. of 8-th International Conference of Technology of Plasticity, Italy, Verona, 9-13 October 2005.
6. Grillon G., Leclere A., Garat M. Potentiality of thixocasting associated with impact treatment for the manufacture of a car wheel disk / Proc. of 7-th Int. conf. on SSP of alloys and comp. Japan, 2002. P. 157-166.
7. Куштаров К.М., Семенов Б.И., Сонг Ж.Х. “Производство специализированных заготовок с тиксоструктурой с использованием синергетических принципов управления”, 4-й международный междисциплинарный симпозиум: “Фракталы и прикладная синергетика”, Москва 14-17 ноября 2005, стр.171-175.
8. Гуляев А.П. Металловедение.//Москва, «Металлургия». 1978. 647с.
9. Fan Z., Semisolid metal processing. Intern. Materials Reviews, 2002, Vol.47, No.2,pp1-34.
10. Atkinson H.V. Modelling of Semi-Solid Processing. Shaker Verlag, Aachen 2008. –С. 175

УДК 621.072

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЯ СТРУКТУРНОНЕОДНОРОДНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Груздев Дмитрий Павлович <sup>(1)</sup>, Митюшкин Антон Александрович <sup>(1)</sup>, Сизов Николай Александрович <sup>(1)</sup>, Кокорин Алексей Валерьевич <sup>(2)</sup>

*Аспирант <sup>(1)</sup>, студент <sup>(2)</sup>,  
кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»  
ГОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет*

*Научный руководитель: доц., к.т.н. В.Н. Кокорин, заведующий кафедрой  
«Материаловедение и обработка металлов давлением»*

Для анализа теоретических моделей выделим состояние двух основных элементов пористой среды прессовки: образующая фаза – структура, формирующая матрицу, пористой среды и образующее ее основную структуру, как правило, имеет твердое поликристаллическое или аморфное состояние; заполняющая фаза – структура, находящаяся в поровом пространстве и образующая (вместе с матрицей) единую гетерогенную систему; в момент транспортирования в поровое пространство имеет жидкое или газообразное состояние.

На начальной и завершающей стадиях прессования наблюдаются характерные различия выделенных структур: их непрерывность, связность, регулярность, анизотропия, фазовое состояние.

Композит рассматривается как трехфазное тело матричного типа, имеющее структурные кластеры различных типов. Материал матрицы (первая фаза) – изотропный, упругий и несжимаемый (поликристаллический или аморфный) – матричный кластер. Вторая фаза представляет собой распределенные по объему поры, характеризующиеся их объемной долей ( $\theta$ ) – поровый кластер, а третья – распределенные по объему прессовки жидкие включения.

Гомогенная модель является достаточно наглядным и удобным способом континуального представления трехфазной среды: несжимаемая матрица – газовая фаза (поры) – жидкостная фаза (а также как вариант: матрица – газовая фаза (поры) – газожидкостная смесь).

На первой стадии прессования наблюдается переукладка дискретных частиц матрицы и транспортирование в поры газа и жидкости. на второй стадии материал прессовки – беспористая структура – деформируется как и компактный, однако, при этом действует гидростатическое давление в жидкости.

На четвертой стадии происходит интенсивное движение жидкости через материал – основу с истечением (выплеском) в межинструментальный зазор.

На пятой, последней, стадии уплотнения относительная плотность прессовки находится на уровне 97...98 % от теоретической.

В Ульяновском государственном техническом университете совместно с ЗАО «Системы водоочистки» разработана и осваивается промышленная технология по брикетированию тонкодисперсных железосодержащих пылей, что позволяет получать завалочный материал высокого качества: плотность  $\geq 2,5 \text{ т/м}^3$  — требования ГОСТа; достаточная ударная прочность, что исключает образование отсева; компактность — уменьшение транспортных расходов; технологичность — улучшаются газодинамические условия плавки.

Производственную апробацию, разработанные на основе экспериментальных исследований технологии, нашли на ряде промышленных предприятий машиностроительной и металлургической отраслях, в частности, ОАО «Северсталь» (Череповец), ОАО «НОСТА», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Липецкий металлургический комбинат».

УДК 621.73.06

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНИНЫ ТЯЖЕЛЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Долгополов Михаил Игоревич

*Студент 6 курса*

*Кафедра «Оборудование и технологии обработки давлением»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: Складчиков Е. Н.*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии обработки давлением»*

Важная роль при проектировании гидравлического пресса отводится проектированию станины пресса, как одной из самой нагруженных и металлоемкой частей пресса. В тяжелых гидравлических прессах применяются обычно станины колонного типа. Такие станины содержат верхнюю и нижнюю неподвижные поперечины, стянутые колоннами. Наиболее нагруженными и массивными элементами являются неподвижные поперечины, воспринимающие изгибающие нагрузки от цилиндров. Для снижения массы поперечины ее обычно делают сложной формы с внутренними полостями и ребрами. Целью данной работы является установление оптимальной формы неподвижной поперечины станины пресса.

Для установления оптимальной формы предлагается метод постепенного удаления ненагруженного металла из исходной формы – параллелограмма с необходимыми отверстиями под колонны. Данный метод был использован при проектировании поперечин для станины гидравлического пресса с разъемными матрицами для штамповки корпусов вагонных букс.

Расчет поперечин производился с помощью ПО ANSYS. Использование современных методов расчета позволило получить подробную картину распределения напряжений в поперечине и при проектировании исключить появление концентраторов напряжений.

В ходе выполнения работы, используя данный метод, удалось уменьшить массу поперечины с исходного значения в 199,3 т до 99,9 т, т. е. масса уменьшилась на 49,8%.

Данный метод также может применяться в подобных задачах, когда необходимо установить оптимальную форму нагруженной детали.



Рис. 1 Начальная форма поперечины



Рис. 2 Полученная форма поперечины

### Литература

1. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов / под ред. Л.И. Живова.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 с ил.
2. В.И. Анурьев. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т.1-3. - М.: Машиностроение, 2001. - 864с.

УДК 621.735.016.3.001.573

## ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ КОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЕТАХ УСИЛИЯ ДЕФОРМАЦИИ

Евграфова Ольга Дмитриевна

*Студентка 4 курса*

*Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением»*

*Санкт-Петербургский институт Машиностроения*

*Научный руководитель: А.Ф. Фомичев,*

*к.т.н., доцент кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением»*

При внедрении новых технологических процессов ОМД все шире используются компьютерные программы, одной из которых является расчетный комплекс Simufact Forming [1]. Но при их использовании необходимо быть готовым, к тому, что полученный результат может содержать отклонения от истинных значений параметров. Получаемые погрешности закладываются допущениями, принимаемыми в математических моделях [2]. И пользователю программ важно оценить величину этих погрешностей особенно в том случае, когда по результатам расчета необходимо принять решение, например при выборе оборудования. Чтобы внести некоторую ясность в этот вопрос в Санкт- Петербургском институте Машиностроения были проведены компьютерные исследования с использованием указанного выше расчетного комплекса.

Известно, что одним из факторов, влияющих на усилие деформации, является контактное трение, которое учитывается при компьютерном расчете выбором закона трения и величины коэффициента (фактора) трения. Так же известно, что влияние контактного трения на усилие деформации в разных процессах ОМД различно, однако количественная оценка этого влияния пока не установлена. Чтобы ее установить, было проведено компьютерное моделирование различных процессов ОМД: кузнечной осадки и протяжки, облойной штамповки, прямого и обратного прессования. В качестве варьируемого параметра брались предельно допустимые значения коэффициента трения, равные 0,01 и 0,5. А чтобы исключить влияние тепловых процессов, температура заготовки принималась равной 20°С. В качестве критерия, оценивающего интенсивность влияния сил трения на усилие деформации, принимался разброс минимального и максимального значений усилия деформации. Получены следующие результаты: при осадке 5%, при протяжке 8%, при облойной штамповке 57%, при обратном прессовании 130%, а при прямом- 300%.

Из этого можно сделать вывод, что при моделировании процессов ОМД, в которых доля свободных поверхностей велика неправильный выбор значения коэффициента трения не сильно повлияет на точность расчета усилия деформации. При моделировании же процессов, в которых доля свободных поверхностей невелика, или они совсем отсутствуют, даже небольшая неточность в задании значения коэффициента трения может привести к существенной ошибке расчета. Чтобы избежать этого в некоторых случаях значение фактора трения подбирают, проводя эксперимент [3]. В промышленных же условиях возможным решением этой проблемы могла бы быть проверка результатов расчета для типовых поковок [4] и создание базы данных. Например, используя данные, приведенные в источнике [4], был проведен расчет усилия штамповки поковок типа фланцев с наружным диаметром 83мм, высотой 33мм из стали 45. Установлено, что наибольшей точности соответствовало значение фактора трения, равное 0,3. Погрешность составила +1,7%. На трех других поковках с иной конфигурацией, размерами и марками сталей наибольшей точности расчета так же соответствовало значение параметра трения, равное 0,3.

Вывод: при расчете усилия штамповки необходимо корректно выбирать значение параметра трения, так как его значение может существенно сказываться на точности расчета.

### Литература

1. *Фомичев А.Ф. и др.* Компьютерное моделирование процесса штамповки заготовок турбинных лопаток из жаропрочного сплава ХН65ВНТЮ// КШП. ОМД, 2008 №7 С. 40- 43.

2. *Степанский Л.Г.* Об опытной проверке результатов компьютерного моделирования процессов пластического деформирования//КШП. ОМД, 2001. №6. С. 30-35.

3. *Даммер А.Э., Кононов В.Г., Гаврилов Ю.И.* Экспериментальное определение технологических усилий штамповки поковок на кривошипных прессах// Кузнечно-штамповочное производство, 1975., №2.,С. 9-11.

4. *Петров П.А.* Исследование трения при холодной деформации сплава АМц//КШП. ОМД., 2005.,№6,С. 20- 22.

УДК 621.98

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ШТАМПОВКИ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ. ДЕТАЛЬ № ФП130-3716182 (ПАТРОН)**

Земскова Анастасия Николаевна

*Студентка 4 курса, кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»*

*Ульяновский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.Н.Кокорин,  
кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Материаловедение и  
обработка металлов давлением»*

В непростых условиях становления российской экономики максимально повысился интерес к проблеме эффективного и рационального использования ресурсов предприятия. Актуальность данной темы заключается в том, что в процессе хозяйственной деятельности практически все российские предприятия сталкиваются с проблемой нехватки ресурсов для обеспечения нормальной работы.

Анализ технологичности конструкции детали №ПФ 130-3716182 показывает, что она нетехнологична по многим показателям.

Для изготовления детали применяется заготовка круглой формы, которая вырубается по замкнутому контуру с перемычками. Сравнивая форму фланца детали и форму заготовки, приходим к выводу, что здесь может быть использована более рациональная схема заготовки.

Действующий способ раскроя предусматривает расход металла на одну деталь равный 12,913г.

Предлагаемый раскрой ленты на заготовки уменьшает расход металла, но при этом выполнении вытяжных операций следует изменить геометрические размеры рабочих частей штампов для 1-й и 2-й вытяжки.

Данная форма заготовки предусматривает расход металла на одну деталь в количестве равный 10,99г.

Снижение расхода металла по сравнению с действующим технологическим процессом составляет 1,923г.

Подробный анализ позволяет сделать вывод о возможности одновременной штамповки 2-х деталей на каждой позиции прессы- это обеспечивает повышение производительности оборудования в 2 раза и снижение трудоемкости изготовления деталей.

УДК 621.98

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ №469-6111014/015 «ПАНЕЛЬ НАДСТАВКИ ДВЕРИ НАРУЖНАЯ» НОМЕНКЛАТУРЫ ОАО «УАЗ»**

Зотов Илья Борисович

*Студент 5 курса, кафедра «Кузовостроение и обработка давлением»  
Московский государственный технический университет «МАМИ»*

*Научный руководитель: Н.Ф.Шпунькин,  
кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Кузовостроение и  
обработка давлением»*

Технологические процессы холодной штамповки могут быть наиболее успешными лишь при условии создания рациональных схем технологических операций изготовления детали на основе наиболее простых, экономичных способах изготовления.

Деталь №469-6111014/015 «Панель надставки двери наружная» соответствует всем требованиям по основным показателям технологичности холодноштампуемых деталей, а именно:

- рациональный расход металла;
- обеспечивает качество и низкую себестоимость и трудоемкость операций;
- при изготовлении данной детали отсутствует последующая механическая обработка.

В имеющемся технологическом процессе изготовления данной детали №469-6111014/015 «Панель надставки двери наружная» используется тонколистовая малоуглеродистая качественная сталь марки 08Ю ГОСТ 9045-70 толщиной  $S=0,8$  мм.

Существующий технологический процесс изготовления данной детали имеет ряд недостатков, одним из определяющих является низкий коэффициент использования металла, соответственно увеличивается себестоимость выпускаемой продукции.

С целью уменьшения расхода материала и увеличения коэффициента использования металла разработана ресурсосберегающая схема раскрытия рулона.

Базовый техпроцесс, используемый в прессовом производстве ОАО «УАЗ», изготовления детали состоит из следующих операций:

- 1) резка рулона на заготовки;
- 2) вытяжка;
- 3) правка;
- 4) обрезка по наружному контуру;
- 5) вырубка окна под стекло;
- 6) гибка по наружному контуру и периметру окна.

На базе данного техпроцесса разработана новая технология изготовления детали №469-6111014/015 «Панель надставки двери наружная». Рассмотрена возможность использовать операцию "отбортовка" вместо операции "вытяжка", что обеспечивает уменьшение размеров заготовки и снижение нормы расхода металла на одну деталь с 4,01 кг до 3,16 кг.

Проектируемый технологический процесс включает следующие операции:

- 1) резка рулона на заготовки с пробивкой окна под отбортовку;
- 2) отбортовка окна;
- 3) правка;
- 4) обрезка по наружному контуру;
- 5) вырубка окна под стекло;
- 6) гибка по наружному контуру и периметру окна.

Экономия металла на одно изделие в проектном варианте изготовления детали по сравнению с базовым вариантом составляет 22%.

Данная технология разработана в рамках дипломного проекта.

УДК 621.777; 621.791.44

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРШНЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ.**

Смирнов Дмитрий Павлович<sup>(1)</sup>, Исамутдинова Кристина Руслановна<sup>(2)</sup>

*Аспирант 2 года обучения (очная форма)<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>*

*Кафедра «Обработка материалов давлением»*

*ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьева»*

*Научный руководитель: Первов М. Л.*

*Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением»*

Автомобильное двигателестроение (и не только оно) практически немислимо без двигателя внутреннего сгорания, надёжность работы которого во время эксплуатации автомобиля в значительной мере определяется технологией изготовления его деталей. При этом эксплуатационные свойства изделий закладываются уже на начальных стадиях их производства – например, при изготовлении заготовок поршней горячим выдавливанием. Поршень – одна из важнейших деталей двигателя. Он передает энергию сгорания топлива через палец и шатун коленчатому валу. Во время работы на поршень действуют высокие механические и тепловые нагрузки. Так, например, поршень совершает возвратно-поступательное движение, периодически ускоряясь до скорости более 100 км в час, а затем замедляясь до нуля. Такой цикл происходит с удвоенной частотой вращения коленчатого вала, то есть при 6000 оборотов в минуту цикл «ускорение – замедление» происходит с частотой 200 Гц. Максимальная величина ускорений, приходящаяся на верхнюю и нижнюю мертвые точки, может достигать 15000-20000 м/с<sup>2</sup>, что соответствует перегрузке (1500-2000) g. От действия ускорений возникают инерционные силы по величине соизмеримые с теми, что действуют от давления при сгорании. Сгорание топливовоздушной смеси происходит при температуре 1800-2600 °С. Эта температура значительно превышает температуру плавления поршневого сплава на основе алюминия (~700°С). Чтобы не расплавиться, поршень должен эффективно охлаждаться, передавая тепло от камеры сгорания через кольца, юбку, стенки цилиндра, палец и внутреннюю поверхность охлаждающей жидкости и маслу. При нагревании поршня происходит снижение предела прочности материала, возникают термонапряжения от перепадов температуры по его телу, которые

накладываются на напряжения от сил давления газов и инерционных сил. Таким образом, условия работы обычного поршня можно определить как очень сложные. Кроме того, в последнее время двигателестроение направлено на создание и производство форсированных двигателей, условия работы деталей в которых значительно отличаются от условий работы в обычном двигателе. Такие двигатели могут применяться не только в автомобилестроении и при производстве снегоходной техники. Облегченные поршни могут быть установлены в двигатели для самолетов, что увеличит надежность и долговечность техники. В связи с этим всё большее значение приобретают новые технологии получения деталей двигателя внутреннего сгорания. Увеличение динамических нагрузок на поршневую группу приводит к необходимости разработки новых конструкций деталей поршневой группы, также как и к применению новых материалов. В настоящее время в промышленности используются в основном литые поршни, несмотря на то, что получение заготовок методами обработки материалов давлением позволяет значительно улучшить эксплуатационные показатели данного изделия и всего двигателя в целом. При отливке поршней можно добиться улучшения определённых свойств готового изделия за счёт процессов напыления, алитирования или наплавки на поверхность поршня другого материала. Такие «улучшения» поршня не обладают широким спектром положительных свойств и зачастую, улучшая одно из свойств, ухудшают другие характеристики. Наиболее перспективным способом получения деталей типа «Поршень» является – выдавливание. При этом существует реальная возможность получения биметаллического изделия за счёт совместного деформирования двух разнородных материалов с получением диффузионной сварки в местах контакта материалов. В этом случае нагрузка будет на основном сплаве (высокопрочные сплавы, например, титан), а второй, расположенный по внешней поверхности сплава, будет играть роль трущегося элемента (например, сплав 1379 системы Al-Si).

В данной работе исследуется возможность и разрабатывается возможная технология получения биметаллических поршней. Изучение данной тематики показало, что получение титанового поршня с плакирующим покрытием методами обработки давлением является актуальной темой и имеет широкие возможности для исследования и внедрения полученных результатов.

#### Литература

1. *Мастеров В.А., Берковский В.С.* Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. – М., «Металлургия», 1970. – 296 с.
2. *Гильденгорн М.С., Керров В.Г., Кривонос Г.А.* Прессование со сваркой полых изделий из алюминиевых сплавов. – М.: Metallurgy, 1974. – 234 с.
3. Интернет–ресурс [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)
4. Интернет-ресурс «[Моторный центр АБ-Инжиниринг. Современные поршни](#)» (статья канд. техн. наук Хрулева А. «Современные поршни»).

УДК 621.7.019.54

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ХОЛОДНОЕ ВАЛЬЦЕВАНИЕ ЛОПАТОК ГТД**

Коршунова Виктория Вячеславовна

*Кафедра «Обработка металлов давлением» ГОУ ВПО РГТА  
им.П.А. Соловьева*

*Научный руководитель: А.С. Матвеев,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка металлов  
давлением»*

Холодное вальцевание - завершающая формообразующая операция в технологическом процессе изготовления лопаток, заключающаяся в том, что предварительно точно обработанную заготовку подвергают пластической деформации при комнатной температуре. Холодное вальцевание характеризуется направленностью распространения деформации вдоль заготовки и локальным очагом деформации. Оно применяется для изготовления лопаток с одним хвостовиком или без хвостовиков как переменного, так и постоянного профиля с высотой пера до 120 мм из сталей, жаропрочных сплавов, титановых сплавов с повышенной пластичностью при холодной деформации.

Преимущества процесса заключаются в его высокой производительности, возможности получения профиля пера без припуска по перу с точностью, соответствующей чертежу, по отклонениям профиля пера от теоретического положения, а также в возможности получения высокого класса шероховатости - до  $Ra = 0,63$  мкм. Важной особенностью холодного вальцевания является возможность получения тонких кромок пера (до 0,1 мм) без последующей ручной доработки.

Успешная реализация холодного вальцевания тесно связана со способами подготовки заготовок. Заготовки помимо прочностных характеристик, должны обеспечить стабильность геометрических размеров, равномерные степени деформации при вальцевании.

Для повышения стабильности геометрии лопаток под холодное вальцевание усовершенствована методика проектирования прецизионной заготовки под вальцовку, заложенная в основу технологии, позволяющей обрабатывать поверхность пера заготовок с высокой точностью на универсальном металлорежущем оборудовании, в частности, на кругло- и плоскошлифовальных станках.

В настоящей работе представлен алгоритм расчета, выполнена полная формализация методики. На основе предложенного подхода разработан

пакет программ, позволяющий определить наиболее оптимальную геометрию заготовки под холодное вальцевание лопатки ГТД .

Рассмотрены следующие основополагающие элементы методики:

1. функциональное описание контрольного сечения лопатки;
2. определение поверхности разъёма вставок;
3. аналитическое спрямление профиля пера лопатки ГТД ;
4. система уравнений для определения параметров описывающей деталь со стороны спинки окружности;
5. система уравнений для определения параметров описывающей деталь со стороны корыта прямой;
6. распределение относительных степеней деформации по сечению
7. определение коэффициента  $K$ .

УДК 621.7.019.54

## **АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ХОЛОДНОЕ ВАЛЬЦЕВАНИЕ ЛОПАТОК ГТД**

Коршунова Виктория Вячеславовна

*Кафедра «Обработка металлов давлением» ГОУ ВПО РГТА им. П. А. Соловьева*

*Научный руководитель: А.С. Матвеев,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка металлов  
давлением»*

Разработана усовершенствованная методика проектирования прецизионных заготовок под холодное вальцевание лопаток ГТД, получаемых на универсальном металлорежущем оборудовании, в частности, на кругло- и плоскошлифовальных станках. В основу предлагаемого способа заложен ряд критериев определения параметров окружностей, описывающих спинку сечений лопатки с обеспечением минимальной разности течения металла при вальцовке заготовки по кромочным и около кромочным зонам. Методика включает анализ напряженного состояния с последующим определением силовой картины в очаге пластической деформации.

Разработан пакет программных продуктов, позволяющих произвести необходимые расчеты.

Для проверки соответствия полученных теоретическими методами результатов действительности проведен эксперимент в программе моделирования процессов пластической деформации Q-FORM 3D.

Аналізу подверглись следующие варианты заготовок:

1. заготовка, описанная одной окружностью согласно существующей методике;
2. заготовка, описанная одной окружностью с корректировкой второй окружностью согласно усовершенствованной методике;
3. заготовка, имеющая пропорциональный припуск;
4. заготовка, имеющая припуск, обеспечивающий одинаковое опережение на выходе из валков.

При сравнении полученных теоретически данных и результатов виртуального эксперимента можно сделать заключение об их сходимости.

Выявлены достоинства и недостатки методики расчета и пакета программных продуктов.

## ИНЕРЦИОННАЯ РАЗДАЧА ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК

Лихобабина Наталья Сергеевна<sup>(1)</sup>, Рассудов Никита Владимирович<sup>(2)</sup>

Студентка 5 курса<sup>(1)</sup>, аспирант 1 года<sup>(2)</sup>

Российская Федерация, г. Рыбинск, ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьёва», кафедра «Обработка материалов давлением»

Научный руководитель: А.С. Матвеев  
доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка материалов давлением»

Технологические процессы раздачи трубных заготовок широко применяют в различных отраслях машиностроения для изготовления деталей и полуфабрикатов, имеющих переменные поперечные сечения вдоль оси детали.

Традиционно эти процессы реализуют путём установки трубной заготовки в фасонную матрицу с последующим приложением к её внутренней поверхности деформирующих нагрузок в радиальном направлении, переводя при этом материал заготовки в пластическое состояние и заполняя, в итоге, профиль матрицы. При этом трубная заготовка непосредственно не способствует своему формоизменению и противодействует этому всеми своими прочностными и иными ресурсами, «требуя» для своего формоизменения повышенных энергетических затрат.

Для повышения эффективности формоизменения трубных заготовок путём раздачи разработан способ штамповки преимущественно тонкостенных трубных заготовок давлением наполнителя, создаваемым в её полости, с активным вовлечением в процесс формоизменения трубы материала стенок трубной заготовки [1].

Сущность способа заключается в следующем. Трубную заготовку 1 (рисунок 1а) помещают в полуматрицу 2 и одевают на вкладыш 3, герметизирующий её левый торец. Вкладыш может иметь осевое отверстие, гидравлически связанное через трубопровод 4 и обратный клапан 5, с ёмкостью. В полость заготовки 1 помещают жидкотекучий наполнитель 6, имеющий высокий удельный вес. Затем на заготовку 1 одевают полуматрицу 7 с вкладышем 8, герметизирующим правый торец заготовки 1. (Описанную операцию удобно выполнить при вертикальном положении трубной заготовки). Собранный таким образом устройство (штамп) с трубной заготовкой заполненной наполнителем, устанавливают, например, в патрон токарного или шлифовального станка. При этом вкладыш 8 может быть поджат силой  $P$  в осевом направлении, например через шарик 10 и опору 11

к патрону станка. Включают кнопку «пуск», сообщая устройству вращательное движение. При этом под действием центробежной силы со стороны наполнителя 6, в последнем возникает давление  $q$ , приложенное к внутренней стенке трубной заготовки и переводящее материал заготовки в пластическое состояние. Вследствие этого диаметр заготовки, не охваченный матрицей, увеличивается (рисунок 1б), заполняя в итоге ручей матрицы.

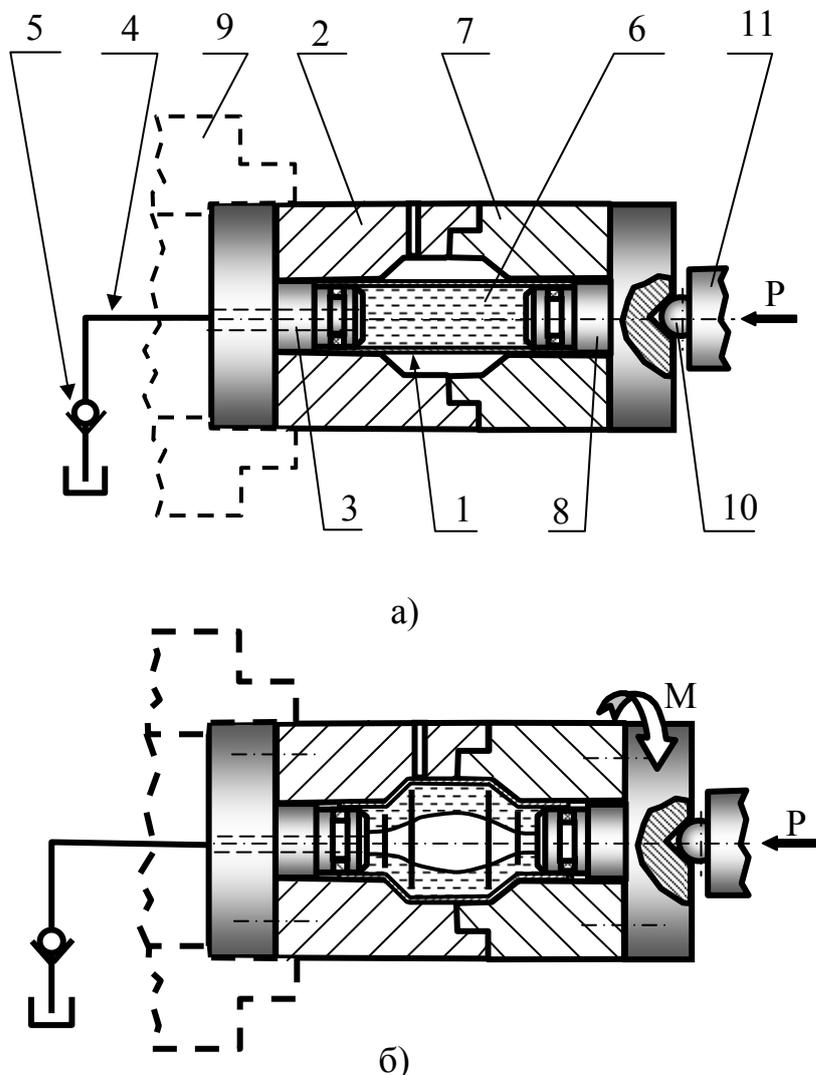


Рисунок 1 – Начальный (а) и конечный (б) этапы инерционной раздачи трубной заготовки

В данном случае масса стенок вращающейся трубной заготовки вследствие возникновения силы инерции центростремительного ускорения непосредственно участвует в процессе её раздачи. При этом технологические параметры реализации способа описываются известными законами физики и теорией пластического деформирования материалов.

Для интенсификации процесса раздачи целесообразно использовать, например, локальный нагрев раздаваемого участка заготовки, наложение на торцы трубной заготовки сжимающих напряжений и иные методы.

Разработанный способ инерционной раздачи трубных заготовок позволяет активно вовлечь в процесс формоизменения заготовки массу её стенок, повышая эффективность процесса, а использование инерционных сил при штамповке, позволяет расширить технологические возможности широкой гаммы процессов обработки материалов давлением.

### **Литература**

1. Заявка № 2009106917 (009240) «Способ инерционной штамповки труб» Приоритет от 26.02.2009.

УДК 621.77.01

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ-ПРЕССОВАНИЯ**

Мамаев Михаил Владимирович

*Аспирант 3 года обучения,  
кафедра «Обработка материалов давлением»,  
ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая  
академия имени П.А. Соловьёва»*

*Научный руководитель: А. С. Матвеев  
доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка материалов  
давлением»*

В различных областях машиностроения находят широкое применение различные детали, полученные при помощи выдавливания-прессования, надёжность работы которых при эксплуатации в значительной мере определяется технологией их изготовления. При этом качество и надёжность закладываются уже на начальных стадиях их производства – изготовлении заготовок горячим выдавливанием.

Следует отметить, что производственный опыт изготовления подобных заготовок показывает, что сбой технологического процесса выдавливания, выражающийся в возникновении факторов нарушающих оптимальные условия деформирования исходной заготовки, приводит, в отдельных случаях, к снижению усталостной прочности готовых изделий.

Имеющиеся математические модели и рекомендации не позволяют прогнозировать результаты и управлять процессом, поэтому в данной работе предложена одна из моделей, позволяющая избавиться от указанных выше недостатков, а также управлять процессом за счет изменения и оптимального подбора технологических параметров.

Данная модель должна позволить исследовать деформированное состояние и проводить его анализ в комплексе с напряженным состоянием. Это, в конечном итоге, позволит повысить механические, а, следовательно, и служебные свойства заготовок лопаток получаемых выдавливанием. Поэтому разработка и исследование математической модели процесса выдавливания, оптимизация его технологических параметров при изготовлении заготовок горячим выдавливанием является актуальной.

Общей же целью проводимых исследований является создание базы для компьютерных программ на основе математического моделирования процессов выдавливания-прессования, позволяющих решать вопросы отмеченные выше.

УДК 621.882.55/.56:621.77

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ШТАМПОВКИ ВЫСОКИХ ГАЕК ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Панков Антон Юрьевич

*Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением»  
Омский Государственный Технический Университет*

*Научный руководитель: В.Г. Штеле  
ассистент кафедры «Машины и технология обработки металлов  
давлением»*

Обработка давлением один из основных способов получения заготовок и деталей в машиностроении. Широкое применение заготовок и деталей, полученных обработкой давлением объясняется, прежде всего, их малой стоимостью, большой производительностью изготовления, малой материалоемкостью, высокой точностью и качеством поверхности.

При разработке технологии объемной штамповки заготовок высоких гаек, определенные трудности в этой области связаны с заполнением относительно высокой гравюры матрицы. Поэтому большое значение имеет анализ заполнения угловых полостей шестигранной матрицы.

Особенно актуальной эта проблема является для аустенитных коррозионно-стойких сталей, наделенных свойством повышенной адгезии. С другой стороны, именно крепеж из таких сталей наиболее востребован в нефтяной, газовой и химической промышленности [1].

Для изготовления таких гаек целесообразно использовать секционный инструмент, позволяющий улучшить качество поверхности граней. Одним из перспективных решений является использование неподвижных секционных матриц, но данная технология имеет также и свои недостатки, такие как:

1. Высокое удельное усилие деформации, возникающее вследствие обратного выдавливания
2. Быстрый износ прошивного инструмента и секционных матриц.

Решение поставленных задач при изготовлении нержавеющей высоких гаек является актуальной проблемой. Для выполнения поставленных задач сконструирован штамп со сходящимися, секционными матрицами, который состоит из следующих основных элементов (рис. 1): 1 - нижняя плита, 2 - верхняя плита, 3 - плавающая плита, 4 – секции матрицы, 5 - верхний инструмент, 6 – съёмник, 7 – буфер, 8 – ползун, 9 – рычаг.

Штамп работает по следующему принципу: при ходе ползуна вниз верхняя плита 2 опускается вместе со съёмником 6 и верхним инструментом 5. Происходит внедрение инструмента 5 в заготовку. Когда верхняя плита 2 коснется съёмника 6, ее движение начинает передаваться плавающей плите 3.

Опускаясь, плавающая плита 3 увлекает за собой ползуны 8 с секциями матрицы 4, которые жёстко связаны через рычаги 9 с нижней плитой 1. Секции матрицы 4 под действием рычагов смыкаются, деформируя боковые грани заготовки. При обратном ходе ползуна плита 2 движется вверх, а усилие буфера 7 заставляет плиту 3 и секции матрицы 4 двигаться совместно вверх. Тем самым отводя секции матрицы от боковой поверхности заготовки. Плита 3 возвращается в верхнюю крайнюю точку. Если поковка задерживается на знаке верхнего инструмента, то снимается прижимом-съемником 6.

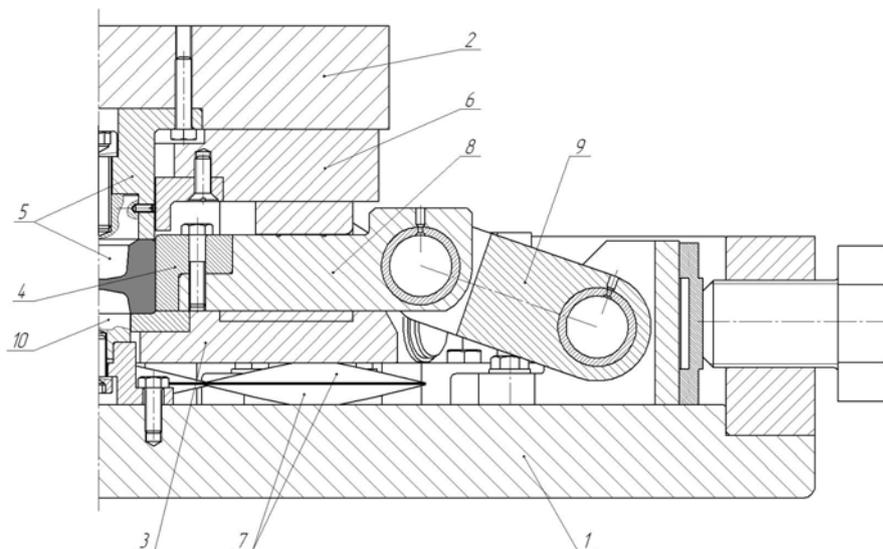


Рис. 1. Конструкция штампа

Данный принцип имеет следующие преимущества:

- снижается износ знака верхнего инструмента, за счёт открытой осадки.
- уменьшается трение металла о боковые грани инструмента, т.к. формирование боковых граней происходит преимущественно осадкой, а не обратным выдавливанием.
- за один ход ползуна пресса выполняются два перехода ввиду наличия контрпуансона 10 (рис. 1), внедряющегося в поковку снизу при движении подвижной плиты вниз.
- более рационально используется усилие пресса, т.к. рычаги, воспринимая осевое движение ползуна пресса, преобразуют его в радиальное движение секций матрицы. При таком подходе уменьшается общее усилие штамповки по сравнению с используемыми ранее подходами.

Использование штампа данной конструкции позволит получать поковки гаек с более качественной поверхностью боковых граней. Это снизит себестоимость производства и ускорит производственный цикл данного вида изделий.

### **Литература**

1. ГОСТ 9064-75. Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых и анкерных соединений с температурой среды от 0 до 650°C. Типы и основные размеры [Текст]. – Взамен ГОСТ 9064-69 ; введ. 1976–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.

УДК 621.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ КПД ПРИВОДА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕССОВ МЕТОДОМ АКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Панова Ирина Андреевна <sup>(1)</sup>, Скосырев Иван Борисович <sup>(2)</sup>

Студенты 3 курса

кафедры «Технологии обработки давлением»<sup>(1)</sup>, кафедры «Технологии машиностроения»<sup>(2)</sup>.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.А. Головин,

доктор технических наук, профессор кафедры «Теория механизмов и машин»

Рассматривается метод определения КПД механических прессов, работающих в режиме непрерывных ходов. Тогда формула для определения

КПД может быть представлена в виде:  $\eta = \frac{M_c}{u_p \cdot M_d}$ ,

где:  $M_c$  – момент сопротивления на выходном валу привода;

$M_d = f(M_c; \omega_{вх})$  – движущий момент на входном валу привода;

$\omega_{вх}$  - частота вращения на входном валу;

$u_p$  – передаточное отношение привода.

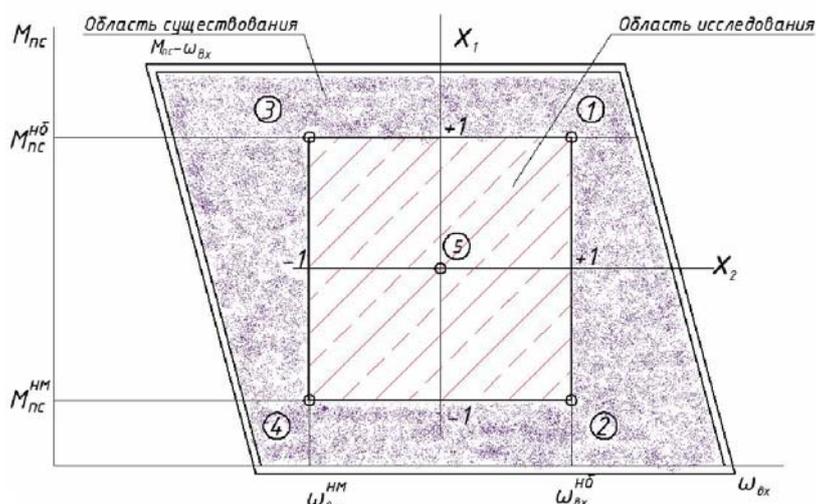


Рис.1.

В качестве метода исследования был принят метод активного планирования эксперимента ПФЭ (полный факторный эксперимент) 22. Факторами были приняты  $M_c$  и  $\omega$ , а откликом –  $M_d$ . В области существования  $M_c$  и  $\omega$  выделена область исследования (рис.1).

В качестве исходной гипотезы была принята  
 $M_D = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$ ,

где  $x_1 = \frac{M_C - M_C^{cp}}{\Delta M_C}$ ,  $x_2 = \frac{\omega_{ex} - \omega_{ex}^{cp}}{\Delta \omega_{ex}}$ ,  $M_C^{cp} = \frac{1}{2}(M_C^{нб} + M_C^{нм})$ ,  $\omega_{ex}^{cp} = \frac{1}{2}(\omega_{ex}^{нб} + \omega_{ex}^{нм})$ ,

$$\Delta M_C = \frac{1}{2}(M_C^{нб} - M_C^{нм}), \Delta \omega_{ex} = \frac{1}{2}(\omega_{ex}^{нб} - \omega_{ex}^{нм}).$$

Здесь  $x_1 \in [-1; +1]$ ,  $x_2 \in [-1; +1]$ .

Тогда план проведения эксперимента представим в виде:

Таблица 1. Опыты для вычисления коэффициентов модели

$i=1,4$

№ п/п	x1	Mc	x2	$\omega_{\dot{\alpha}}$
1	+1	$M_c^{нб}$	+1	$\omega_{ex}^{нб}$
2	-1	$M_c^{нм}$	+1	$\omega_{ex}^{нб}$
3	+1	$M_c^{нб}$	-1	$\omega_{ex}^{нм}$
4	-1	$M_c^{нм}$	+1	$\omega_{ex}^{нм}$

Таблица 2. Опыт для проверки адекватности модели

$i=5$

$j=1,2$

5	0	$M_c^{cp}$	0	$\omega_{ex}^{cp}$
---	---	------------	---	--------------------

Теперь формула для определения КПД имеет вид

$$\eta = \frac{M_c}{u_p(b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2)},$$

$$\text{где } b_0 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \overline{M}_i; \quad b_j = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x_{ij} \overline{M}_i;$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (x_1 x_2) \overline{M}_i;$$

$$\overline{M}_i = \frac{1}{m} \sum_{u=1}^m M_{iu} - \text{среднее значение отклика в } i\text{- точке факторного}$$

пространства полученное по всем повторным измерениям в этой точке.

По результатам эксперимента проводится оценка однородности дисперсии отклика, оценивается значимость коэффициентов модели и модель проверяется на адекватность эксперименту.

В качестве доступного объекта исследования были взяты два редуктора в лаборатории кафедры ТММ.

Исследования показали:

1. Приемлемость применения метода активного планирования для изучения КПД приводов механических прессов

2. Существенным фактором, влияющим на КПД, является  $M_c$ . Влияние  $\omega$  несущественно.

### Литература

1. Адлер Ю.П., Грановский Ю.В., Маркова Е.В. Теория эксперимента: прошлое, настоящее, будущее. – М: Знание, 1982. – 286 с.
2. Львовский Е.Н. Статические методы построения эмпирических формул. – М: Высшая школа, 1982. – 239 с.
3. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М: МГТУ, 2006. – 576 с.
4. Головин А.А. Исследование механического КПД редуктора методами активного планирования эксперимента. МВТУ, 1984. – 12с.

УДК 621.73.047:621.45.226.2

## **РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ АНАЛИЗА ВАЛЬЦЕВАНИЯ ПЕРА ЛОПАТКИ ГТД.**

Смирнова Татьяна Сергеевна

*Студент 5 курса*

*Кафедра «Обработка материалов давлением»*

*ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьева»*

*Научный руководитель: Первов М. Л.*

*Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением»*

Целью данной работы явилась разработка теоретических основ анализа вальцевания пера лопатки ГТД.

В процессе работы проводилась разработка теоретических основ анализа вальцевания пера лопатки ГТД, проводилось экономическое обоснование предложенной технологии, рассматривались вопросы охраны труда и техники безопасности.

В результате работы рассмотрены существующие методы задания припусков при вальцевании и разработано несколько способов изменения угла закручивания пера лопатки ГТД. Приведено экономическое обоснование предлагаемого технологического процесса. Учтены вопросы техники безопасности и охраны труда.

Необходимые технические требования не может обеспечить ни один из применяемых технологических процессов при экономически целесообразном уровне трудоемкости изготовления. Оптимальной является технологическая схема изготовления лопатки компрессора ГТД, включающая в себя холодную вальцовку для окончательного формообразования пера.

Профиль пера при вальцовке окончательно оформляется на выходе из валков, т.е. толщины каждого отдельно взятого сечения при абсолютно жестких валках зависят только от точности инструмента. Наиболее распространенный материал для изготовления вальцованных лопаток - жаропрочный сплав ЭП718ИД. После последнего перехода предусматривается термообработка в вакууме. На нашем предприятии вальцевание производят на специальных установках типа ВС-2 и ВС100М.

Вальцевание позволяет исключить из технологического процесса изготовления лопатки операции шлифования, полирования и деформационного упрочнения пера. Снижает трудоемкость изготовления лопатки на 35-40%, объем ручных полировальных работ - на 50-55%.

### Литература

1. *Грудев А.П., Машкин Л.Ф.* Технология прокатного производства.
2. *Шефтель Н.И.* Холодная прокатка листовой стали.
3. *Шефтель Н.И.* Производство калиброванной и холоднокатанной стали.
4. *Панасенко Ф.Л.* Холодная прокатка тонколистовой стали.
5. *Васильев Я.Д., Сафьян М.М.* Производство полосовой и листовой стали – М.: Высшая школа, 1976.
6. *Сафьян М.М., Мазур В.Л.* Технология процессов прокатки и волочения.

УДК 621.979:621.753.5.001

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ УКРУПНЕННЫХ МАРШРУТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКОЙ**

Сорокина Ольга Сергеевна

*Студентка 6 курса, магистр 2года  
кафедра «Системы пластического деформирования»  
Московский государственный технологический университет «Станкин»*

*Научный руководитель А.М. Смирнов  
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Системы  
пластического деформирования»*

При проектировании производственных систем важным фактором является автоматизация последовательности выполнения работ, которая . предусматривает наличие как технологической, так и организационной составляющих [1-3].

Интегрированный подход предполагает системное рассмотрение процессов проектирования изделий и технологической подготовки штамповочных комплексов, которые в свою очередь взаимосвязаны с организационным элементом производственной системы изготовлений совокупности изделий.

Процесс технологической производственной подготовки можно разделить на три этапа:

1. Конструкторско-технологический, который включает анализ свойств деталей и комплектование необходимых совокупностей по технологическим признакам.
2. Разработка операционных технологических процессов.
3. Формирование возможных маршрутных технологий изготовления деталей.

Этап 1 включает описание листоштампованных деталей, осуществляемые с использованием некоторых признаков, которые можно разделить на следующие группы: конструктивные (габаритные размеры, толщина материала, форма); организационно-технологические (годовая программа выпуска, характерные технологические операции); эксплуатационные (требования к состоянию поверхности, точность изготовления по размерам и формам, материал).

Этап 2 состоит из формирования вариантов маршрутных технологий, определения размеров заготовок, формирования требований для выбора технологического оборудования.

Этап 3 заключается в расчете технологической себестоимости изготовления деталей по возможным вариантам, расчете оптимизации загрузки оборудования и выборе наиболее рациональной маршрутной технологии.

Для производств с ограниченной номенклатурой выпуска изделий предлагается вариант реализации в среде EXCEL MS.

### **Литература**

1. Григорьева Л.Л., Клепикова Ю.М. Опыт создания гибких технологических систем холодноштамповочного производства. – Ленинград.: ЛДНТП, 1989. – 88 с.
2. Зимин В.В., Семенов И.Е., Смирнов А.М. «Проектирование холодноштамповочных цехов автоматизированных производств»: Учеб. пособие. -М.; МОССТАНКИН, 1988, -83с.
3. Егоров М.Е. «Основы проектирования машиностроительных заводов», - М.; Высшая школа, 1969. – с 480.

УДК 621.777

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Сосенушкин Александр Евгеньевич

Студент 3 курса

*кафедра «Системы пластического деформирования»*

*Московский государственный технологический университет «Станкин»*

*Научный руководитель: Л.М. Овечкин*

*Младший научный сотрудник кафедры «Системы пластического деформирования»*

На современном уровне развития машиностроения существует потребность в металлах и сплавах с высоким комплексом физико-механических свойств с целью оптимизации и усовершенствования конструкций машин и отдельных деталей, уменьшения их массы и затрат энергии, повышения срока службы устройств. Особенный интерес вызывают материалы, обладающие ультрамелкозернистой (УМЗ) или наноструктурой с размером зерна 10-100 нм [1].

Известен ряд методов интенсивной пластической деформации (ИПД) для получения таких материалов, одним из которых является равноканальное угловое прессование (РКУП). Ввиду сравнительной простоты реализации и эффективности, метод в настоящее время заинтересовал исследователей. РКУП заключается в деформировании заготовок с большими степенями деформации (логарифмическая деформация  $\epsilon = 4...7$ ) при относительно низких температурах порядка  $(0,3-0,4)T_{пл}$  в условиях высоких приложенных давлений.

Для осуществления процессов РКУП на кафедре СПД разработана универсальная модульная конструкция матричного блока штампа, что способствует унификации штампового инструмента. Для изменения степени деформации заготовки достаточно поменять ограниченное число вставок, формирующих каналы матрицы. Конструкция устройства для РКУП защищена патентом РФ [2]. При РКУП заготовка продавливается через каналы, равного поперечного сечения, пересекающихся под углом  $2\phi=90-150^\circ$ .

В работе приведены особенности объемных материалов с ультрамелкозернистой или наноструктурой. Выполнено компьютерное моделирование в среде Qform 2D и анализ течения металла заготовки в каналах матрицы, отличающихся конструктивными параметрами. Установлена зависимость силовых параметров процесса РКУП от вида

конструктивного оформления каналов. Выявлено, что большое влияние на величину технологической силы оказывает величина радиуса скругления каналов в местах их пересечения.

Проведенная в лаборатории кафедры СПД первая серия экспериментов на заготовках из свинца подтвердила, что результаты компьютерного анализа технологии РКУП достоверны и позволяют прогнозировать степень влияния геометрических характеристик инструмента на энергосиловые параметры процесса.

### **Литература**

1. *Валиев Р.З., Александров Н.В.* Наноструктурные наноматериалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос. – 2000. – 272 с.
2. *Сосенушкин А.Е.* Устройство для равноканального углового прессования/ Патент №86507 на полезную модель./ Сосенушкин Е.Н., Овечкин Л.М., Артес А.Э. и др. – Бюлл. №25. – 2009.

УДК 621.938

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗОГРЕВА ОБРАЗЦА В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ КРУЧЕНИЕМ

Питков Павел Игоревич

*Студент 6 курса,  
Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением»  
Санкт-Петербургский институт машиностроения*

*Научный руководитель : Б .А. Кривицкий ,  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология  
обработки металлов давлением*

Базой для математического моделирования процессов ОМД являются реологические свойства материалов, которые определяют путём высокотемпературных испытаний на сжатие , растяжение или кручение. Поэтому точность расчётов существенно зависит от точности определения реологических свойств материала. При традиционной методике построения так называемых «кривых текучести» температура образца принимается постоянной . Вместе с тем по некоторым данным температура образца во время испытаний может существенно повышаться , что вносит погрешность как при определении сопротивления деформации так и соответственно расчёте температурных полей и энергосиловых параметров процессов ОМД.

Таким образом, постановка задачи настоящего исследования предусматривала экспериментальное исследование температуры образца непосредственно в процессе высокотемпературных испытаний кручением. Испытания проводились на торсионном пластометре, оснащённом печью сопротивления и специальным фотопирометром. Исследования проводились в диапазоне температур 800-1000С и скоростей деформации 0,01 – 50 1/сек. на образцах из титанового сплава типа ВТ6.Методика предусматривала исключение влияния разогретых стенок печи на показания пирометра.

Результаты исследования показали ,что разогрев для данного материала зависит от начальной температуры образца, степени и скорости деформации.

Например, для сплава ВТ6 при скорости 1,0 1/сек и начальной температуре 900С разогрев составляет 45-50С, при скорости 20 1/сек разогрев достигает 150-180С.

Выводы:

1. При высокотемпературных испытаниях имеет место существенный разогрев образца особенно при относительно высоких скоростях деформации.
2. Для повышения точности расчёта горячих процессов ОМД типа прессования, горячей штамповки на молотах др. с использованием компьютерных программ необходимо использовать реологические свойства, учитывающие разогрев образцов во время испытаний

Настоящая работа проводилась в лаборатории кафедры «Машины и технология ОМД Санкт-Петербургского института машиностроения»  
Полученные результаты следует рассматривать как предварительные.

УДК 621.777

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВИДОВ КОНСТРУКЦИЙ ОСНАСТКИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА РКУП.

Бабин Дмитрий Михайлович, Захаров Александр Андреевич, Кузнецов Максим Сергеевич

*Студенты, аспиранты*

*Кафедра ТМС Владимирский Государственный Университет*

*Научный руководитель: Белевич А.В.*

*Д.т.н., профессор кафедры ТМС Владимирский Государственный Университет*

Ранее во Владимирском государственном университете выполнено исследование кинематики течения материала при равноканальном-угловом прессовании (РКУП) с последующим изучением напряженно-деформированного состояния (НДС) оснастки.

Итогами данного исследования были картины распределения локальных параметров НДС материалов заготовки и оснастки. Было выделено несколько зон концентрации напряжений в оснастке, в которых наиболее вероятно разрушение. Основные результаты исследования представлены в работе [1].

На основании полученных данных решено разработать конструкцию оснастки с размещением в наиболее изнашиваемых частях «вставок» из другого материала. Наличие вставок позволит заменить износившие части без изготовления всей оснастки.

Задача данного исследования состоит в том, чтобы на основе математического моделирования, с использованием программы QForm 2D/3D, изучить и проанализировать картины распределения напряжений и деформаций в инструменте.

Первым этапом исследования является проектирование варианта оснастки с вставками. Проектирование оснастки выполнено с использованием пакета трехмерного моделирования ProEngineer.

Вторым этапом является изучение НДС оснастки в процессе РКУП. Для осуществления этого этапа твердотельная модель конструкции оснастки передана для анализа в пакет QForm 2D/3D. В программе заданы начальные условия, нагрузки и ограничения соответствующие процессу РКУП.

В результате анализа получены картины распределения НДС материала оснастки, что позволило судить о возникающих в зонах контакта материалов оснастки, вставок и заготовки напряжениях и деформациях. Полученные данные позволили научно обосновать необходимость применения вставок при РКУП.

В настоящее время для получения патента на спроектированную конструкцию оснастки ведется подготовка необходимых документов. В дальнейшем планируется изготовить опытный образец оснастки с целью проведения экспериментальных исследований.

### **Литература.**

1. A. V. Belevich, D.M. Babin « Computer simulation of kinematics of plastic flow and the deformed condition of metal at processes equal-channel angular pressing»/ Materials Science forum/ Trans Tech Publications in Switzerland/Vols. 584-586 (2008) pp 1077-1082.

УДК 621.777

## ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАСЧЕТОВ В QFORM ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ.

Бабин Дмитрий Михайлович, Бабьялова Серафима Александровна

*Студенты, аспиранты*

*Кафедра ТМС Владимирский Государственный Университет*

*Научный руководитель: Белевич А.В.*

*Д.т.н., профессор кафедры ТМС Владимирский Государственный Университет*

Ранее в ВлГУ выполнено расчетное исследование теплового и напряженного состояния конических прессовых матриц при горячем прессовании стальных профилей в машиностроении. Установленные в результате многовариантных расчетов зависимости напряжений от геометрических параметров инструмента, режимов предварительного нагрева и конструктивных параметров оснастки позволили принять обоснованные решения по улучшению теплового режима эксплуатации матриц и существенно повысить их стойкость.

Однако, влияние многих геометрических и технологических факторов, на напряжения в инструменте, до последнего времени не было изучено. Из-за этого сдерживался переход к оптимизации конструкции матриц и обоснованному подбору режимов их эксплуатации для разных типоразмеров прессуемых профилей.

Возможность кардинальных изменений в подходах к решению названных вопросов возникла в последнее время, в связи с применением пакета программ Qform2D/3D.

Для создания моделей, приводящих к оптимальному проектированию инструмента с применением пакета QForm2D/3D, важное значение имеет оценка достоверности результатов вычисления локальных и интегральных параметров, характеризующих пластическое течение сплошной среды.

Задача данного исследования состояла в оценке достоверности математических моделей, положенных в основу разработки пакета QForm 2D/3D. С этой целью выполнено моделирование процесса пластического течения, который ранее был изучен экспериментальным путем в работе [1]. Для оценки погрешности вычисляли компоненты тензора скорости деформации  $\xi_{11}$  и  $\xi_{22}$  в области пластического течения при прессовании и сравнивали расчетные значения со значениями в одноименных точках, вычисленными в результате эксперимента с помощью метода муар.

Объектом исследования, как и в работе [1], выбрали варианты процесса выдавливания с малым обжатием  $\lambda = 4/3$  через плоскую и клиновую

матрицы. При экспериментальном исследовании процесса, выполненном в работе [1], использован метод Муара, с помощью которого были измерены относительные движения, вращения и вычислены деформации. Выполненные расчеты соответствовали условиям экспериментального исследования процесса прессования образцов из сплава Pb4Sb с нанесенной предварительно сеткой линий муара.

Выполненный анализ рассмотренных технологических процессов позволил отметить хорошее соответствие моделей, реализованных в пакете программ QFORM 2D/3D с реальными процессами прессования.

Руководствуясь полученными результатами, на кафедре выполняют исследования, направленные на создание новых моделей процессов горячего прессования для решения задач оптимального проектирования калибровок матриц и прогнозирования их долговечности. Ядром моделей служит методика, реализованная в пакете QFORM 2D\3D. Другая составная часть модели базируется на программах для оценки долговечности при циклических термомеханических нагрузках, разработанных и реализованных в ВлГУ.

Последнее особенно важно при решении задач, связанных с проектированием гравюры прессовых матриц, при прогнозировании их прочности и долговечности.

### **Литература.**

1. Сегал В.М., Макушок Е.М., Резников В.И. Исследование пластического формоизменения металлов методом муара/ М.: Металлургия, 1974. 196 с.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОКОЛЕННЫМ ПРЕССОМ ДЛЯ ТИКСОШТАМПОВКИ.

Койдан Иван Михайлович

*Аспирант 1 курса*

*кафедра «Технологии обработки давлением», Московский Государственный Технический Университет им.Н.Э.Баумана,*

*Научный руководитель: Бочаров Юрий Александрович*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки давлением»*

Штамповка металла в твёрдо-жидком состоянии занимает всё более прочные позиции в области обработки металлов давлением. Многочисленные исследования, проводимые в России и за рубежом, позволили накопить достаточное количество информации, необходимой для реализации этой технологии в массовом производстве.

Вместе с тем, реализация данной технологии на производстве осложняется множеством входных и выходных параметров штамповки, необходимых для обеспечения стабильности и надёжности протекания процесса формоизменения. Одним из таких параметров является работа пресса при выдержке под давлением. Применение коленного механизма по схеме на рис. 1 позволяет использовать преимущества гибкости управления параметрами движения гидроцилиндра и жесткости выпрямленного коленного механизма при выдержке металла под давлением в конце деформирования.

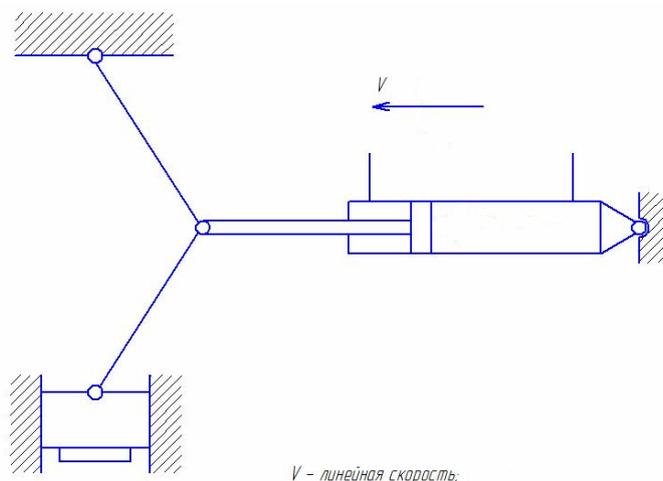


Рис. 1. Схема исполнительного механизма гидроколенного пресса.

Для реализации в полной мере всех преимуществ коленного механизма необходимо применение системы адаптивного программного управления (рис. 2). Применение такой системы позволит обеспечить необходимую стабильность и воспроизводимость процесса, контролировать параметры технологического процесса и работы оборудования.

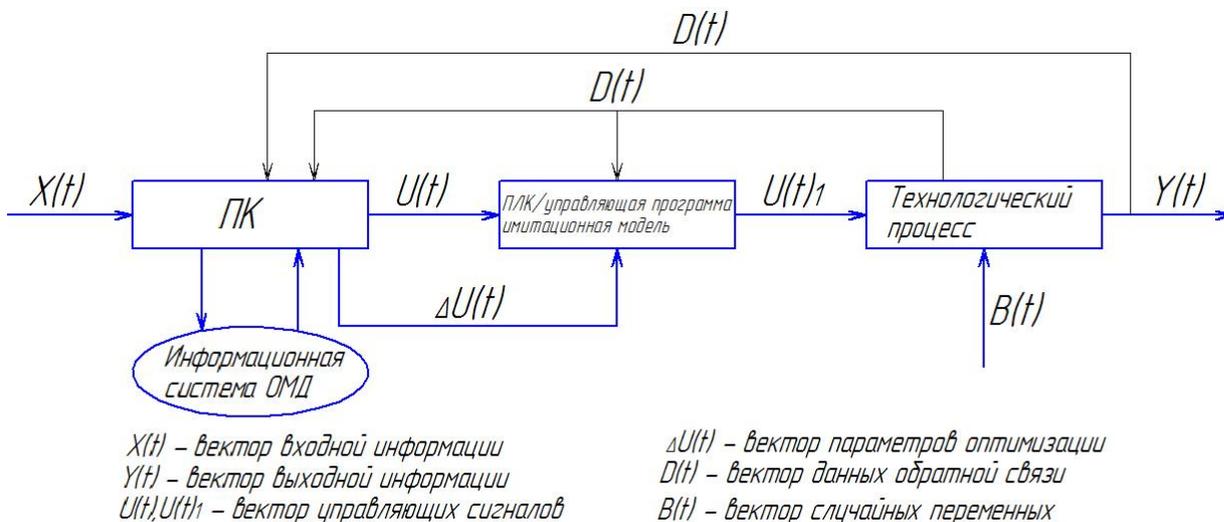


Рис. 10. Блок-схема программно-адаптивной системы ЧПУ.

### Список литературы.

1. Ю.А.Бочаров Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480с.
2. Поликушин А. М., Овсянников В. В. Числовое программное управление гидропрессом // Электронное научно-техническое издание Наука и Образование, 2008. <http://technomag.edu.ru/doc/101105.html>
3. Ю. А. Бочаров, Л. В. Хижнякова Тиксоштамповка поковок из алюминиевых сплавов (на примере А356) // Электронное научно-техническое издание Наука и Образование, 2007. <http://technomag.edu.ru/doc/66787.html>
4. Бочаров Ю.А., Семенов Б.И., Хижнякова Л.В. Тиксоштамповка алюминиевых деталей // Комплект ИТО. – 2006. – №8. – С. 12-18.

УДК 53.084.823

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЛАВНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ЛИСТОШТАМПОВОЧНОГО ПРЕССА ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ В ПРОГРАММЕ ПА9

Господчикова Анна Борисовна

*Студент 6 курса*

*кафедра «Технологии обработки давлением», Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Власов*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки давлением»*

Листоштамповочный пресс двойного действия с верхним приводом усилием 600/400 т.с. предназначен для глубокой вытяжки крупногабаритных деталей из тонколистового металла. При глубокой вытяжке, которая сопровождается большой степенью деформации, и при небольшой толщине материала смещённый объём является причиной образования гофр на деформируемой заготовке, поэтому необходимо использовать прижим. Прижим заготовки в период вытяжки обеспечивает многозвенный рычажный механизм.

В работе рассматривается подход к процессу оптимизации главного исполнительного механизма, основанный на методе отыскания оптимального решения для реальной системы без выполнения натурального эксперимента. Для моделирования использован программный комплекс анализа динамических систем ПА9, позволяющий определять процессы в проектируемых и потому физически еще не существующих устройствах и показатели их качества, оценивать проектируемые устройства на соответствие требованиям технического задания, улучшать показатели качества, осуществлять оптимизацию. Была создана топологическую модель в параметрическом виде. Составлена целевая функция – функция параметров и определён ее экстремум (оптимум). Для идентификации точки оптимума был использован метод деформируемого многогранника - Нелдера-Мида.

### Литература.

1. *Складчиков Е.Н.* Моделирование кузнечно-штамповочного оборудования средствами программного комплекса анализа динамических систем па9. – Метод. пособие.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
2. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336с.

**Секция 7**  
**Технологии сварки и диагностики**

УДК 621.79

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Алексеев Сергей Олегович

*Студент 3 курса,  
кафедра «Технологии сварки и диагностики», Московский государственный  
технический университет имени Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: В.М. Неровный,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и  
диагностики»*

Основные параметры сварного соединения определяет используемый источник энергии, который, в свою очередь, характеризуется интегральными и локальными параметрами. К первым относятся величины говорящие об источнике в целом, это, например, мощность  $Q$  и сила тока  $I$ . Вторые, а именно их определению посвящена данная работа, характеризуют каждую точку, принадлежащую источнику теплоты, таковыми являются плотность тока  $i$ , плотность мощности  $q$  и другие.

Проблема определения локальных параметров источника энергии не нова, специалисты занимаются ей уже не одно десятилетие. Практически все основные работы в этой области были проведены много лет назад, когда развитие информационных технологий только начиналось. На сегодняшний день люди получили огромные возможности по математической обработке данных, которые ещё 20 лет назад казались научной фантастикой. В связи с таким стечением обстоятельств возникает вопрос: "А не следует ли заново обработать данные уже проведённых экспериментов и получить гораздо более точные результаты?".

Для этой работы была выбрана серия экспериментов по изучению дугового разряда с полым катодом (ДРПК). Этот источник энергии с большой степенью точности можно принять за осесимметричный. Трудностью при изучении ДРПК явилось то, что обычно распределения  $i(r)$  и  $q(r)$  для сварочных источников энергии подчиняются нормальному закону распределения, а для данного вида дугового разряда это допущение противоречило экспериментальным данным. Особенно большое расхождение теории и реальных процессов наблюдалось при значительных величинах силы тока, это проявлялось в том что по расчетам глубина проплавления получалась значительно меньше, чем на практике.

На сегодняшний день стремительное развитие информационных технологий позволяет нам преодолеть сложности возникавшие у предыдущих поколений исследователей, применяя уже разработанное

программное обеспечение. Используя стандартные алгоритмы, которые за прошедшие годы перешли на абсолютно новый уровень, можно избавиться от шума измерений, более точно провести сглаживание функции, дифференцировать и интегрировать со значительно меньшими погрешностями. В данной работе была использована программа Origin 8.

Таким образом, разработанный в этой работе алгоритм, применим для обработки любых экспериментов, связанных с нахождением радиальных распределений параметров, характеризующих осесимметричные объекты. Но основное применение этих алгоритмов предполагается для изучения сварочных источников энергии.

УДК 621.791

## РАЗРАБОТКА ДИЛАТОМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛА В УСЛОВИЯХ ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА СВАРКИ

Владимирова Анастасия Александровна

*Студент 6 курса,*

*кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Коновалов,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

В настоящее время при проектировании технологии процессов сварки всё больше применяется компьютерное моделирование. Опыт моделирования показывает, что наибольшие проблемы вызывает поиск достоверных данных о свойствах материалов, особенно в условиях СТЦ. Поэтому моя работа посвящена разработке конструкции современного лабораторного дилатометра для изучения закономерностей структурных превращений в металлах при сварке.

В качестве прототипов можно рассматривать дилатометры Котрелла, ИМЕТ, ИЭС и ЛТП-4, которые были разработаны около 50ти лет назад, а также современные КАМАТ и Gleeble-3500. К основным недостаткам всех рассмотренных дилатометров относятся низкие скорости охлаждения и неопределённость измерений деформации или температуры.

Чтобы устранить эти недостатки новый дилатометр должен обеспечивать следующие характеристики:

- Скорость нагрева образца до 1000 К/с;
- Скорость охлаждения образца - до 100 К/с.
- Максимальная температура нагрева должна быть не мене 1200 °С.
- Исполнение должно быть в виде отдельной установки.
- Компьютерная система управления и обработки результатов.

*Для реализации этого предлагается:*

Нагрев образца осуществлять протекающим током, величина тока изменяется путём фазового регулирования с помощью тиристорного контактора.

Охлаждение газом неэффективно вследствие его малой теплоемкости, поэтому образец предлагается охлаждать газовой смесью.

Для того чтобы обеспечить защиту образца от окисления, в особенности при длительных испытаниях, используется камера с контролируемой атмосферой.

Для регистрации температуры, как и в остальных дилатометрах, решено использовать хромель-алюмелевую термопару. Измерение температуры производится только в моменты выключения тока, чтобы избежать помех, для этого в системе нагрева предусмотрен специальный детектор.

Для измерения деформаций используется индукционный датчик. Чтобы он не подвергался воздействию высоких температур и других неблагоприятных факторов, датчик вынесен на значительное расстояние, за счет измерительной скобы с безлюфтовым шарниром. Рычаги скобы проходят в камеру через эластичные резиновые пыльники, обеспечивающие герметичность камеры. Для того чтобы свести к минимуму погрешности от неравномерного нагрева образца, деформацию образца следует измерять по ширине в месте приварки термопары.

### **Литература**

1. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
2. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. пособие. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВЫХ ШВОВ**

Зубарев Антон Сергеевич

*Студент 6-го курса,*

*Кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.Л. Ремизов,*

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Данная работа посвящена автоматическому ультразвуковому контролю стыковых швов с применением системы Rotoscan фирмы производителя ApplusRTD.

Система предназначена для контроля стыковых швов и позволяет контролировать швы диаметром от 8 дюймов или 200 мм. Такие сварные соединения применяются на многочисленных объектах, таких как магистральные и технологические трубопроводы, резервуары и т.д.

Система Rotoscan позволяет проводить комплексный автоматизированный ультразвуковой контроль за счет применения преобразователей на фазированных решетках и использования различных методик контроля:

- с применением эхо-импульсной методики, учитывающей характеристики контролируемого изделия, в т.ч. характеристики разделки кромок под сварку;

- с применением методики с широконаправленными лучами для цели выявления объемных дефектов и визуализации сечения сварного соединения;

- с применением методики контроля за акустическим контактом между преобразователями и объектом контроля, что также позволяет вести постоянный контроль на наличие расслоений в основном металле контролируемого объекта;

- с применением методики контроля на дифрагированных волнах.

Применение данных методик позволяет с высокой точностью выявлять дефекты различные по форме и с различной пространственной ориентацией, в том числе и неблагоприятной, а также уменьшить количество ложных сигналов.

Таким образом, данная система является новшеством в ультразвуковом автоматизированном контроле.

В результате проделанной работы:

- 1) Проведен анализ возможностей системы Rotoscan;

2) проведен анализ экспериментальных данных полученных с использованием системы Rotoscan и сделаны выводы о чувствительности контроля;

3) проведен анализ технологии и принципов использования системы Rotoscan и на основе данного анализа предложена улучшенная технология оценки размеров дефектов.

УДК 621.791.14

## СВАРКА ТРЕНИЕМ ПАНЕЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Кашук Николай Михайлович

*студент 6 курса кафедры «Технологии сварки и диагностики» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель:*

*Макаров Эдуард Леонидович*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В последнее время в различных отраслях промышленности все большее распространение получают трехслойные алюминиевые панели, имеющие высокую жесткость при малой массе. Дуговая сварка помимо традиционных для сварки алюминия проблем, таких как пористость, холодные и горячие трещины в шве, приводит к значительному короблению панелей. Поэтому предложено использовать относительно новый метод сварки - трением с перемешиванием (СТП). Основной отличительной чертой процесса СТП является то, что сварка проходит в твердой фазе. Отсутствие необходимости плавить металл при сварке позволяет вести процесс с малым тепловложением, что вызывает малые, по сравнению с дуговой сваркой, остаточные деформации и напряжения.

Авторами были проведены исследования принципиальной возможности сварки трехслойных панелей методом СТП на технологических и натуральных образцах. В ходе экспериментов замерялась мощность на шпинделе станка, что позволило оценить тепловложение при СТП, которое оказалось почти в два раза меньше, чем при дуговой сварке.

Для точного определения величины остаточных напряжений и деформаций предложено использовать методы численного моделирования. Первым этапом решения такой задачи является расчет термического цикла заданной точки заготовки. С этой целью авторами была построена тепловая модель процесса СТП методом конечных элементов. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными говорит о достаточно высокой точности построенной модели (отклонение в пределах 5%). Расчет тепловых полей методом конечных элементов показал, что при СТП максимальные температуры нагрева заготовки, а следовательно и остаточные деформации, значительно ниже, чем при дуговой сварке.

В последующих работах авторами планируется перенести тепловую модель на геометрию трехслойной панели и провести расчет остаточных напряжений и деформаций, возникающих в панели в процессе сварки.

### Литература

1. Штрикман М.М. Состояние и развитие процесса СТП (аналитический обзор) Ч.3 // Сварочное производство. 2007. №11. С. 36 – 45.
2. Perinet R., Goussain J.C., Costa B.D. Comparison of the mechanical and corrosion behavior between friction stir welded joints and MIG welded joints in 7020 aluminium alloy // 5<sup>th</sup> International Symposium of friction stir welding. Metz (France), 2004.
3. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах/ Под ред. А.И. Акулова. Т. 1 – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
4. Heat Flow Into a FSW Tool / T. Dickerson, Q. Shi, H.R. Shercliff // 4<sup>th</sup> International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003
5. Программный комплекс «Сварка» - инструмент для решения практических задач сварочного производства / Куркин А.С., Макаров Э.Л. // Сварка и диагностика. 2010. №1. С. 16 – 24.

УДК 621.791.01.62.19:004.414.23

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРНЫХ УЗЛОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «СВАРКА»

Куликов Александр Владимирович

*Студент 5 курса, кафедра «Технологии сварки и диагностики» Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.С. Куркин, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Наибольшее число отказов магистральных трубопроводов связано с повреждениями элементов арматуры (задвижек, тройников, отводов). Эффективным путем анализа и решения возникающих проблем является компьютерное моделирование условий работы конструкции. Сварной тройник имеет достаточно сложную геометрию, поэтому построение его геометрической модели является трудоемкой задачей, требующей высокой квалификации расчетчика. Геометрически модель тройника можно описать несколькими пересекающимися поверхностями вращения (в частном случае - цилиндрическими). Основной проблемой в случае применения стандартного программного обеспечения (ANSIS, NASTRAN) становится моделирование геометрии сварных швов тавровых и нахлесточных соединений деталей тройника, в особенности шва обварки усиливающей накладки (воротника). Контуры развертки воротника являются лекальными кривыми, а при придании воротнику цилиндрической формы эти кривые становятся пространственными.

Использование специализированного программного обеспечения (комплекса «СВАРКА», разрабатываемого в МГТУ) открывает дополнительные возможности эффективной разработки сложных конечноэлементных моделей, поскольку недостающие инструменты проектирования могут быть легко добавлены в программу. Для создания сварного тройника предусмотрены следующие специальные функции:

- «тройник» - построение линии пересечения двух эллиптических цилиндрических поверхностей с взаимно перпендикулярными осями;
- «винт» - соединение трех точек цилиндрической поверхности плавной кривой, имеющей на развертке вид квадратной параболы;
- «галтель» - соединение прямой и эллипса сопряжением с заданным радиусом;
- «свертка» - наиболее сложная функция, обеспечивающая придание цилиндрической формы плоской пластине с произвольным контуром, заданным поточечно.

Использование этих функций позволило построить параметризованную модель сварного тройника, обеспечивающую оперативное изменение ее основных размеров.

УДК 621.791.01.62.19:004.414.23

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «СВАРКА»**

Куркин Антон Борисович

*Студент 6 курса, кафедра «Системы обработки информации и управления»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.С. Куркин, доктор технических наук, профессор  
кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Моделирование сварочных процессов, а также процессов в сложных сварных конструкциях при их эксплуатации накладывает на программное обеспечение требования, которые не могут быть выполнены стандартными программными комплексами (ПК). Основной целью развития ПК «СВАРКА» является эффективное решение специфических сварочных задач.

Построение сложных 3-х мерных моделей невозможно без качественной визуализации и гибкого интерактивного интерфейса. Для повышения качества и быстродействия интерактивной графики была проведена модернизация ПК «СВАРКА» с переходом на использование функций, реализованных в процессоре видеокарты.

Одним из основных принципов разрабатываемого интерфейса является представление данных параллельно в графическом и текстовом форматах. Этот принцип используется как при построении геометрии модели, так и при задании свойств материала элементов и граничных условий. Учтены специфические граничные условия, связанные с действием различных сварочных источников энергии.

Предусмотрены также средства сохранения моделей и их последующего использования для построения на их основе более сложных моделей.

Те же графические средства используются при представлении результатов моделирования мультифизических сварочных процессов, включая разрушение материала во время сварки и последующей эксплуатации. ПК обеспечивает построение изолиний всех компонент электрических, тепловых полей, диффузии, деформаций и напряжений как на поверхности модели, так и в произвольном сечении, а также построение графиков функций вдоль заданной линии, в том числе вдоль изолинии одной из функций.

Результаты решения сохраняются в виде снимков с экрана, таблиц и диаграмм в виде, удобном для включения в текстовые документы при подготовке отчетов.

УДК 658.562.6

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Мигулина Антонина Олеговна

*Студентка 6 курса, кафедра «Технологии сварки и диагностики»  
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Б.Г. Маслов, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Радиографический контроль сварных швов и литья является основным методом контроля качества изделий. Это связано в первую очередь с тем, что метод не требует никакой подготовки зоны контроля, а информация о размерах и пространственном положении дефектов при использовании современных методов цифровой радиографии, может быть получена, практически, в режиме реального времени.

Однако этот вид контроля является одним из самых дорогих. Отечественная и зарубежная промышленность в течение ряда лет активно работали над уменьшением себестоимости радиографического контроля. Современный уровень развития цифровых систем привел к появлению принципиально новой технологии, в которой удалось совместить легкость, гибкость, качество и удобство использования рентгеновской пленки с высокой экономичностью рентгенотелевизионных систем. Эта технология получила научное название CR.

CR (КОМПЬЮТЕРНАЯ РАДИОГРАФИЯ) – это техника, позволяющая получать рентгеновское изображение на запоминающих люминофорных гибких пластинах (далее фосфорных). Затем информацию считывают с пластины с помощью сканера для её последующей визуализации и анализа.

Фосфорные пластины это:

- Гибкость;
- Четкость изображения;
- Широкий выбор форматов;
- Портативность оборудования;
- Универсальность (возможность работы с гибкими или жесткими кассетами);
- Эффективность: достаточно высокая чувствительность и производительность.

При контроле с использованием многоцветной пластины на более низком напряжении на рентгеновской трубке, чем при контроле с использованием плёнки, согласно ряду проведённых экспериментов, чувствительность одинаковая. Время экспозиции существенно уменьшается,

вследствие чего повышается производительность процесса контроля и уменьшается дозовая нагрузка на персонал.

**Основные преимущества системы компьютерной радиографии:**

- Исключение затрат на дорогостоящие расходные материалы - радиографическая пленка и химикаты;
- Исключение затрат на процесс химико-фотографической обработки;
- Исключение возможности брака за счет обработки и дефекта рентгеновской пленки;
- Сокращение продолжительности экспонирования и дозовой нагрузки на персонал;
- Расширение возможности радиографического контроля на изделия сложной формы и с большим перепадом толщин;
- Сокращение общей продолжительности контроля;
- Возможность архивирования изображений;
- Возможность передачи изображений на большие расстояния.

## **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ МЕТРОВАГОНА**

Начаров Дмитрий Сергеевич

*Студент 6-го курса,*

*Кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.Л. Ремизов,*

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

В данной работе рассматривается проблема УЗК контроля рамы тележки метровагона.

Данное изделие является очень ответственным элементом подвижного состава, т.к. испытывает динамические нагрузки и работает в условиях большого перепада температур.

В настоящее время контроль данного изделия не выполняется в полном объеме. Так же, некоторые методики и технологии контроля являются устаревшими.

При изготовлении ответственных сварных объектов возникает очень важный вопрос об обнаружении дефектов в сварных швах. Так как небольшой дефект в сварном шве, при сложном напряжённом состоянии, может стать источником развития опасного дефекта – трещины. Поэтому, очень важно обнаружить и исключить потенциальный источник развития трещины на стадии изготовления, в противном случае, это может привести к трагическим последствиям.

Для предотвращения возникновения трещин, необходимо разработать комплексную методику контроля изделия.

В России – железнодорожный транспорт является одним из главных способов доставки грузов и перевозки людей. Обеспечение безопасности в движении вагонов является важнейшей задачей в настоящее время.

В данной работе рассмотрены наиболее опасные сварные соединения, предложены схемы контроля наклонными преобразователями ответственных сварных швов данного изделия, предложены методики экспресс-тестирования. Было разработано соответствующее оборудование для механизации контроля стыкового соединения продольной и поперечной балки рамы, которое является наиболее нагруженным и подверженным появлению дефектов. Это введение позволит решить сразу несколько проблем:

1. Достичь максимальной стабильности качества сварных швов по всей их длине, снижая до минимума человеческий фактор.
2. Увеличить производительность контроля.
3. Улучшить условия труда, избавляя рабочего от лишних

физических нагрузок.

4. Понизить квалификационные требования к персоналу за счет уменьшения уровня оплаты труда за данную операцию.

В результате проделанной работы, были разработаны схемы контроля ответственных сварных соединений, предложены методики экспресс-тестирования, разработано оборудование для механизации контроля.

### **Литература**

1. *В.В.Клюев, Ф.Р.Соснин, В.Н.Филинов, и др.; Под ред. В.В.Клюева. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. – М.: Машиностроение, 1995. –488 с., ил.*
2. *Н.П.Алешин. Технологические основы ультразвуковой дефектоскопии. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. –68с., ил.*

УДК 621.791.36

## ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА ПРИ ПАЙКЕ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Пьянкова Юлия Александровна

*Студент 5 курса*

*Кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Неровный В.М.*

*Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Теплообменник как конструкция, обеспечивающая эффективное охлаждение рабочих тел ГТД, находит все более широкое применение в двигателестроении. Для изготовления трубчатых теплообменников из аустенитных сталей широко применяется электронно-лучевая пайка.

В связи с тем, что в конструкции теплообменника имеется, как правило, от 400 до 600 паяных швов, в первую очередь встает вопрос о качестве паяных соединений. Получение даже одного дефекта по паяному шву приводит к браку всего узла.

Для одновременного получения большого количества паяных швов используют ХУ-развертку электронного луча по поверхности, в пределах которой расположены паяные швы. При этом электронный луч с большой скоростью сканирует поверхность детали, являясь по существу квазиравномерным источником теплоты, и обеспечивает требуемый нагрев паемых соединений. Так как диапазон мощности и концентрации энергии в луче велики, то практически возможно получение всех видов термического воздействия на материалы. Поэтому важно определить локальные параметры электронного луча при пайке для исключения подплавления основного материала трубок теплообменника.

Для критериальной оценки параметром электронного луча при пайке теплообменников выбрана схема нагрева пластины равномерно распределенным неподвижным источником тепла.

Определены зависимости времени пребывания в зоне пятна нагрева и частоты сканирования от площади пятна нагрева. Выбраны локальные параметры электронного луча:

- $F_{л} = 0.1 \text{ см}^2$  - площадь пятна нагрева;
- $d_{л} = 0.36 \text{ см}$  - диаметр луча;
- $t = 0.0007 \text{ с}$  – время пребывания в зоне пятна нагрева;
- $f = 24 \text{ Гц}$  – частота сканирования луча.

УДК 65.011.56

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФИЛОМЕТРА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИРОВАННОЙ СВАРОЧНОЙ УСТАНОВКИ

Т.А. Рахматуллин<sup>(1)</sup>, Д.В. Балашова<sup>(2)</sup>

*Студенты*

*кафедры «Технологии сварки и диагностики»<sup>1</sup>*

*кафедры «Системы автоматического управления»<sup>2</sup>*

*Научный руководитель: Э.А.Гладков,*

*д. т. н., профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Рассмотрены технологические особенности автоматизированной сварки труб большого диаметра в среде защитных газов.

Исследованы возможности системы позиционирования по стыку на основе оптического триангуляционного датчика профиля.

Для датчика разработано программное обеспечение, позволяющее при распознавании изображения сварочного стыка получить геометрические параметры разделки в зависимости от орбитального угла на трубе (Рис. 1).

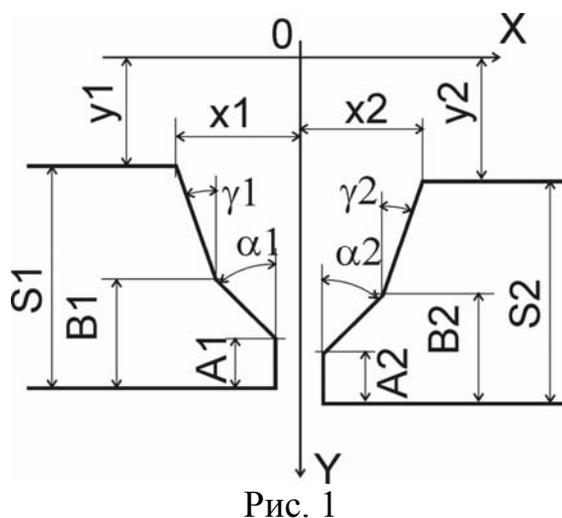


Рис. 1

Разработано программное обеспечение, позволяющее на основании геометрических параметров стыка рассчитывать траектории сварочной головке на любом уровне профиля.

### **Литература**

1. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учеб. для вузов Под ред. Пупкова К.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. – 744 с.
2. Управление процессами и оборудованием при сварке: Гриф УМО МО РФ. Гладков Э.А.-М: Издательство Академия, 2006 -432с.
3. Автоматика и автоматизация сварочных процессов. Учебное пособие для вузов. М. Машиностроение 1982 г.-302с.

УДК 621.791

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КРЫШИ ВАГОНА

Урлова Алина Евгеньевна

*Студент 6 курса,*

*кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Коновалов,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Крыша вагона из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т представляет собой крупногабаритную тонколистовую конструкцию с элементами жесткости, сваренную тремя непрерывными продольными швами. Одной из наиболее трудоемких операций является подгонка при сборке боковин вагона с крышей, которая осложняется значительными остаточными деформациями крыши после сварки. Установлено, что причиной коробления крыши является изгибно-крутильная форма потери устойчивости от продольной усадки соединительных швов, вызывающей значительные остаточные напряжения сжатия в элементах обшивки. Таким образом, необходимы мероприятия для снижения уровня остаточных напряжений и деформаций.

Исследования, проведенные на кафедре сварки МГТУ им. Н.Э.Баумана показали, что одним из эффективных путей решения проблемы является пластическое деформирование зоны растягивающих остаточных напряжений вблизи швов путем прокатки роликом непосредственно после сварки [1]. В результате осадки происходит удлинение металла и компенсация сварочных деформаций укорочения деформациями удлинения, при этом снижается и уровень остаточных напряжений. Для устранения остаточных деформаций необходимо полностью снять напряжения или уравновесить эпюру напряжений в пределах зоны пластических сварочных деформаций.

При назначении режима прокатки необходимо учитывать все факторы, влияющие на величину пластической деформации – схему прокатки, усилие на ролик, его диаметр и ширину рабочего пояса; толщину металла в зоне прокатки, его предел текучести и модуль упругости, напряжения в металле перед прокаткой, жесткость прокатываемого изделия.

Проведенные расчеты с использованием графоаналитического метода Николаева-Окерблома позволили определить ширину зоны пластических сварочных деформаций и уровень растягивающих сварочных напряжений в ней при дуговой сварке в среде защитных газов продольных швов крыши вагона. С учетом полученных данных были определены параметры режима

прокатки околошовной зоны цилиндрическим роликом диаметром 120 мм и шириной 10 мм. Для проверки эффективности прокатки были изготовлены и размечены плоские образцы с прямолинейными швами, сваренные по штатной технологии. Проверка, проведенная в лаборатории кафедры сварки МГТУ им. Н.Э.Баумана с использованием машины МВТУ-МРП-1, показала высокую эффективность исправления деформаций коробления. На основе проведенных исследований выполнено проектирование дополнительной оснастки для прокатки швов крыши вагона.

### **Литература**

1. Сагалевиц В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1974. – 248 с.

**Секция 9**  
**Оборудование и технологии прокатки**

УДК 53.084.823

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Бобунов Сергей Дмитриевич, Чеботарева Любовь Сергеевна, Фролов  
Алексей Александрович

*Студенты 5 курса,  
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»  
Московский Государственный Технический Университет*

*Научный руководитель: А.П.Молчанов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии  
прокатки»*

В настоящее время актуально применение тонкостенных конструкций, изготовленных из гнутых профилей. Такие конструкции постепенно занимают ведущие позиции в машиностроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства, включая производство предметов домашнего обихода.

Процесс профилирования заключается в последовательной подгибке и формовке заготовки до требуемой конфигурации готового профиля в фасонных калибрах валков профилегибочного стана.

По разработанной технологии для производства необходимого профиля: нарезанный, по необходимому размеру, штрипс ленты подают на разматыватель и закрепляют на нем. Вращение разматывателя осуществляется мотор-редуктором через цепную передачу, далее конец полосы пропускают через пресс-перфоратор и задают в первую клетку. Скорость движения полосы на разматывателе и пресс-перфораторе постоянна и по значению чуть больше скорости формирования профиля в клетках. На первых двух промежутках (между разматывателем и пресс-перфоратором и между пресс-перфоратором и калибровочной секцией) оставляют небольшие петли, на которые накидывают ролики предохранительных рычагов, угловое положение которых регулирует включение и выключение разматывателя и пресс-перфоратора. При достижении рычагом минимального (аварийного) угла происходит срабатывание концевого датчика, в результате чего происходит аварийная остановка всего стана, а в положении рычага с максимальным углом нижней концевой датчик срабатывает на останов разматывателя и пресс-перфоратора.

Калибровочная секция стана состоит из двенадцати горизонтальных профилегибочных клеток, с возможностью установки вертикальных клеток между горизонтальными. Приводной момент с мотор-редуктора передается

через муфту с упругими пальцами на шестеренную клеть, с которой идет задача момента на горизонтальные клетки.

Вертикальная клеть не приводная. Она обеспечивает необходимое прижатие сторон профиля для наведения его в горизонтальную клеть и может служить для проведения сварки лазером. Калибры устанавливаются на стакан для быстроты их замены. Стакан сажается на радиальные шарикоподшипники с защитными шайбами. Вертикальные валы крепятся к специальной гайке, которая входит в зацепление с тяговым винтом. В этой клетке можно производить регулировку валов. Для этого используют тяговый винт с разными направлениями резьб на нем. Также можно осуществлять перемещение одного вертикального вала с калибром относительно другого. Для этого используется гайка, которая соединена резьбой с корпусом.

В конце калибровочной секции установлена правильная клеть для правки возможных отклонений профиля от прямолинейности и кручения профиля.

После прохождения гильотинных ножниц скалиброванный профиль поступает на приемный стол, на котором установлен датчик с фотоэлементом, положение которого может регулироваться вдоль приемного стола для регулировки мерной длины готового профиля. При срабатывании датчик подает сигнал гильотинные ножницы для резки мерной длины готового профиля. Затем вытяжными роликами отрезанный профиль подается на приемный стол, с которого рабочие его вручную убирают на упаковку, после чего калибровочная секция вновь продолжает работу.

### **Литература**

- 1 . *Давыдов В.И., Максаков М.П.* Производство гнутых тонкостенных профилей.
- 2 . *Чемкарев А.П., Калужский В.Б.* Гнутые профили проката.
- 3 . *Дунаев П.Ф., Леликов О.П.* Детали машин. Курсовое проектирование.
- 4 . *Решетов Д.Н.* Детали машин.

УДК 621.771

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ И МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ**

Голенков Михаил Александрович

*Студент 6 курса*

*кафедра «Оборудование и технологии прокатки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: Г.С.Никитин*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Одним из способов подавления или значительного ослабления структурной и химической неоднородности по толщине сляба, а также устранения несплошности и рыхлости осевой зоны является использование расходуемых макрохолодильников (в частности тонкой стальной ленты) при непрерывной разливке стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [1]. Для увеличения скорости расплавления ленты на нее накладывают упругие колебания, способствующие интенсификации теплообмена на границе жидкого металла и ленты. В работе приведена математическая модель, описывающая взаимодействие ленты и жидкого металла, а также выведена зависимость влияния колебаний на время расплавления ленты. Представлены картины распределения температурных полей в заготовке процессе разливки, приведен график зависимости времени расплавления ленты от коэффициента увеличения теплоотдачи вследствие наложения колебаний. Выбор грамотных режимов колебаний позволит обеспечить гарантированное расплавление ленты, не допуская ее вымораживания в кристаллизующиеся участки сляба, увеличить долю вносимой твердой фазы, а также обеспечить большее снижение перегрева. Следствием будет являться повышение эффективности влияния технологии расходуемых макрохолодильников на макроструктуру непрерывно-литой заготовки.

### **Литература**

1. *Белый А.П., Исаев О.Б., Матросов Ю.И., Носоченко А.О.* Центральная сегрегационная неоднородность в непрерывнолитых листовых заготовках и толстолистовом прокате. – М.: Металлургиздат, 2005. С. 59-77.

УДК 621.771

## ПОЛУЧЕНИЕ КРУГЛЫХ ПРУТКОВ ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭИ698

Жанзаков Павел Кабдукалиевич<sup>(1)</sup> Артёмов Фёдор Евгеньевич<sup>(2)</sup>, Бондаренко Александр Константинович<sup>(3)</sup>,

*Инженер-технолог Зк<sup>(1)</sup> Инженер-технолог<sup>(2)</sup>, Инженер-технолог<sup>(3)</sup>,  
Отдел обработки металлов давлением  
Научно-исследовательский институт технологии и организации  
производства двигателей*

*Научный руководитель: И.А.Бурлаков,  
доктор технических наук, начальник отдела обработки металлов давлением*

### Выводы

1. Отработанные режимы перекатки прутков Ø32 мм из никелевого сплава ЭИ698 (ХН73МБТЮ) на прутки Ø12 мм позволяют получать прутки диаметрами 12, 13, 14.5, 16, 17.5, 20, 21.5, 23.5, 26 и 28.5 мм;
2. Прутки по механическим свойствам, длительной прочности и макроструктуре после принятой на заводе термообработки соответствуют ТУ14-1-1973;
3. Выявлены причины сваливания овальной полосы при прокатке прутка с малыми деформациями (до 10%) и способы борьбы с ними;
4. Выявлены зависимости уширений от обжатий при различных размерах поперечного сечения прутка, отдельно для овалов и диаметров.
5. Разработаны технологические рекомендации по прокатке прутков Ø12, 13, 14.5, 16, 17.5, 20, 21.5, 23.5, 26, 28.5 мм из никелевого сплава ЭИ698 (ХН73МБТЮ).

### Литература

1. А.И. Целиков «Теория расчета усилий в прокатных станах», М.: Металлургиздат, 1962, 494с.;
2. Авиационные материалы: справочник. Т. 3 «Жаропрочные стали и сплавы. Сплавы на основе тугоплавких металлов» М.: ОНТИ, 1989, 567 с.;
3. В.П. Бахтионов, М.М. Штернов «Калибровка прокатных валков», М.: Металлургиздат, 1957, 783 с.;

УДК 621.771.25

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЁННОЙ  
ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

Князев Альберт Михайлович

*Студент 4 курса  
кафедры «Оборудование и технологии прокатки»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.Г. Колесников,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии  
прокатки»*

Важной развития производства является увеличение объёма и снижении себестоимости пресс-изделий небольшого поперечного сечения из низкоуглеродистых сталей.

В работах зарубежных и российских учёных Б.Авитцур, В.Н. Корнилов, Н.Н. Довженко, Р.И. Галиев, были предложены технические решения, позволяющие реализовать различные варианты процесса Экстроллинг. Один из таких вариантов, назван авторами совмещённой прокаткой-прессованием(СПП). Однако, для проектирования промышленного агрегата СПП, обеспечивающего выпуск заданной продукции с требуемыми механическими свойствами и структурой, необходимо провести более глубокие экспериментальные и теоретические исследования.

Целью работы, таким образом, является повышение эффективности производства пресс-изделий из низкоуглеродистых марок сталей на базе способа совмещённой прокатки-пресования.

УДК 669

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМОТКИ АМОРФНОЙ ЛЕНТЫ

Макаров Максим Владимирович

*Студент 5 курса,*

*кафедра «Оборудование и технологии прокатки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Иванов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Разработка новых материалов и технологий их получения в настоящее время общепризнано относят к так называемым «ключевым» или «критическим» аспектам основы экономической мощи и обороноспособности государства. Одним из приоритетных направлений является получение субмикроструктурных, нанокристаллических, а также безкристаллических структур в металлах и сплавах. Последняя структура – аморфное состояние твердого тела считается одной из наименее изученных областей физики конденсированного состояния [1-7].

В России наибольшее распространение получила аморфная лента, необходимая для изготовления витых магнитопроводов и сердечников индуктивных компонентов взамен ферритов, пермаллоев и других магнитомягких материалов, а также для резистивных элементов. Лента из аморфных и нанокристаллических сплавов изготавливается методом литья плоской струи металлического расплава на поверхность охлаждаемого диска (холодильника). В связи с тем, что угловая скорость вращения диска-холодильника 60-80 рад/с, обеспечиваются высокие, до  $10^6$  °C/с, скорости охлаждения плоской струи расплава (рис. 1). При таком процессе затвердевания расплава не успевает происходить кристаллизация металлической ленты, и она имеет структуру металлического стекла. Толщина ленты составляет 20...30 мкм, ширина – 25...150 мм, а длина определяется объемом плавки.

Однако широкому распространению аморфной ленты препятствует ряд проблем технологического характера. Так, например, высокие скорости литья, малая площадь поперечного сечения ленты, явное отсутствие зон разлива и съема ленты с диска-холодильника, большая (как правило, более 5000 м) длина ленты затрудняют смотку ленты во время процесса литья на моталку. В связи с тем, что при отсутствии моталки смотка ленты в рулон осуществляется после литья практически вручную, то значительно возрастает

трудоемкость процесса, себестоимость продукции, часто происходит разрыв ленты.

Автором предложены конструкторские решения позволяющие автоматизировать процесс намотки аморфной ленты на моталку непосредственно во время разливки. Также предложены конкурирующие варианты моталок, позволяющие при заданных условиях разливки осуществлять намотку ленты, а в ходе сравнительного анализа выявлены наиболее оптимальные варианты моталок.

### Литература

1. Жукова Л.А. Строение и свойства двойных металлических сплавов в жидком и аморфном состоянии. – Екатеринбург.: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 74 с.
2. Глезер А. М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы // Российский химический журнал. – 2002. Т. XLVI, №5. – С. 57-63.
3. Петров А.Л., Гаврилюк А.А., Зубрицкий С.М. Структура и свойства неупорядоченных твердых тел: Учеб. пособие. – Иркутск.: Изд-во ИГУ, 2004. – 70 с.
4. Осипьян Ю.А., Аморфные металлы и сплавы: Научное сообщение в Президиуме Академии СССР, 1987. – 11 с.
5. Libermann H. and Graham C. (1976). "Production Of Amorphous Alloy Ribbons And Effects Of Apparatus Parameters On Ribbon Dimensions". IEEE Transactions on Magnetics (6): 921.
6. Roy R., A.K. Majumdera (1981). "Thermomagnetic and transport properties of metglas 2605 SC and 2605". Journal of Magnetism and Magnetic Materials 25: 83-89.
7. Интернет ресурс <http://www.liquidmetal.com>
8. Способ альтернативной работы моталок и устройство для намотки лент: пат. 2181312 Рос. Федерация : МПК<sup>7</sup> В21В1/22 / Кнеппе Г., Браун М.; Заявитель и патентообладатель СМС ШЛЕМАНН ЗИМАГ АГ. – №97102192/02; заявл. 13.02.1997 ; опубл. 20.04.2002.

УДК 621.771.073

## МЕТОД РАСЧЕТА УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВАЛКОВ КЛЕТЕЙ КВАРТО

Миндрин Владимир Иванович

*Студент 6 курса,  
кафедра «Оборудование технологии прокатки»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.И.Борисов  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Оборудование технологии прокатки»*

Существующие методы расчета не позволяют учесть все факторы, влияющие на прогиб валков. Они дают возможность рассчитать прогиб на длине бочки и на ширине полосы.

На основе предложенного метода можно определить прогиб валковой системы по середине полосы, прогибы отдельно от силы прокатки и от сил принудительного изгиба. Это позволяет получить полную жесткостную характеристику валковой системы, что необходимо для расчета систем автоматического регулирования толщины листов и полосы.

Для математического описания прогибов использована теорема Кастильяно и формула изменения радиуса бочки вала при изгибе, полученная во ВНИИМЕТМАШе.

Основная трудность расчета состоит в определении контактной деформации по длине бочки в межвалковом контакте. Эта задача решалась следующим образом:

Было принято допущение, что межвалковая сила распределяется по параболе 2-го порядка. Контактная деформация определялась по гипотезе Винклера. Для оценки характера изменения параболы по длине бочки был принят коэффициент неравномерности распределения погонной силы по длине бочки  $\lambda$ , равный отношению разности погонной нагрузки между серединой бочки и ее краем к средней. Решение задачи определения распределения межвалковой силы по длине бочки сводилось к определению коэффициента  $\lambda$ . Для этого межвалковая контактная деформация определялась исходя из прогибов валков и исходя из контактной задачи. Полученные выражения, содержащие неизвестный коэффициент  $\lambda$ , приравнивались и определялся данный коэффициент.

Далее были получены все необходимые уравнения прогибов, исходя из расчетных схем нагружения валков с учетом выражения, определяющего коэффициент  $\lambda$ .

УДК 621.771.25

## ПРОЦЕСС СОВМЕЩЕННОЙ ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Мунтин Александр Вадимович

*Студент 6 курса, очная форма  
Российская Федерация, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра  
«Оборудование и технологии прокатки»*

*Научный руководитель: А.Г. Колесников  
доктор технических наук, профессор*

Получение объёмных материалов с ультра-мелкозернистой (УМЗ или наноструктурой) структурой является одной из интереснейших задач современной металлургии. Нано структурными называются материалы, размеры зёрен которых не превышают 100нм. В ранних исследованиях такие материалы получали компактированием нано порошков. Однако данный метод имеет ряд ограничений – небольшой размер получаемых образцов и значительную остаточную пористость.

К настоящему времени широкую популярность приобретает альтернативный подход получения объёмных наноструктурных материалов. Этот подход основан на измельчении зёрен в объёмных заготовках методами интенсивной пластической деформации (ИПД).

Образцы, полученные методами ИПД, обладают 100%-ной плотностью и большими, чем при компактировании, геометрическими размерами.

Одним из самых популярных методов является равноканальное угловое прессование (РКУП) (рис.1).



Рис.1 Схема процесса РКУП

В процессе многократно повторяющихся прессований в заготовке накапливается деформация сдвигом, что в результате приводит к образованию в материале УМЗ структуры.

Среди важных задач в РКУП - создание агрегатов непрерывно осуществляющих процесс. Одним из наиболее привлекательных решений данной задачи является совмещение РКУП с прокаткой в закрытом калибре (РКУП-II) (рис.2).

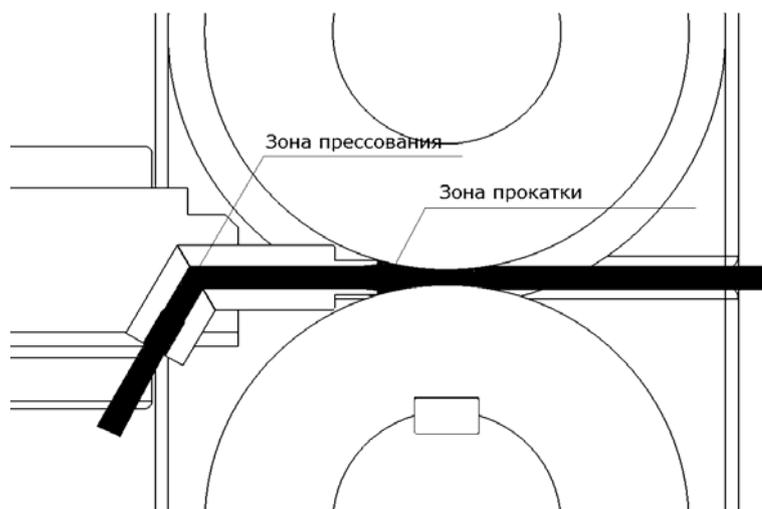


Рис.2 Совмещённый процесс прокатки и РКУП

### Литература

1. *Галиев Р.И.* Разработка и исследование процесса совмещённой прокатки-прессования с целью повышения эффективности производства длиномерных пресс изделий из алюминиевых сплавов. – М.: РГБ, 2003.
2. *Рааб Г.И.* Развитие научных основ технологии интенсивной пластической деформации и создание оборудования по схеме РКУ для получения УМЗ металлических полуфабрикатов. // Уфа. – 2009.

УДК 53.084.823

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАЛИБРОВАННЫХ ПРУТКОВ НА НЕПРЕРЫВНОМ ВОЛОЧИЛЬНОМ СТАНЕ

Чеботарева Любовь Сергеевна

Студентка 5 курса,  
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»  
Московский Государственный Технический Университет

Научный руководитель: А.П.Молчанов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»

Волочением называется способ обработки металла давлением, при котором заготовка постоянного сечения протягивается через канал волоочильного инструмента – волоки, принимая форму и размер наименьшего сечения канала.

В данной работе был проведен анализ напряженного состояния материала в очаге деформации. Процесс непрерывного волочения характеризуется изменяющейся схемой напряженного состояния материала в очаге деформации. Так, часть прутка, задаваемая в волоку испытывает всесторонне напряжение сжатия. Часть прутка, находящаяся в очаге деформации, может подвергаться или обычному волочению, или волочению с натяжением, либо с подпором. Выходной конец прутка подвергается обычному волочению, т.е. воздействию двух сжимающих и одного растягивающего напряжения.

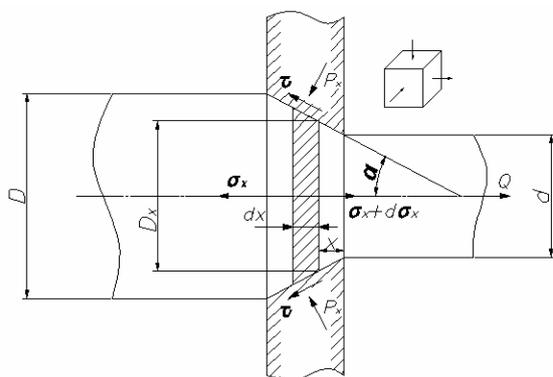


Рис.1. Схема напряженного состояния в очаге деформации при волочении проталкивании

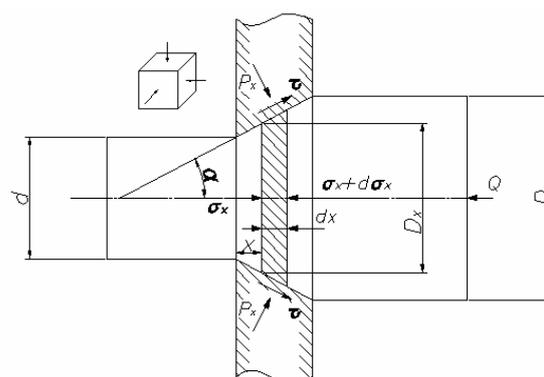


Рис.2. Схема напряженного состояния в очаге деформации при волочении с натяжением

Уравнение равновесия сил, действующих на выделенный в очаге деформации бесконечно малый элемент сечения прутка и проекции их на ось X:

Волочение:

$$\frac{(\sigma_x + d\sigma_x) \cdot D_x^2 \cdot \pi}{4} - \sigma_x \cdot \frac{\pi \cdot (D_x + dD_x)^2}{4} - p_x \frac{\pi \cdot D_x \cdot \sin\alpha \cdot dx}{\cos\alpha} - p_x \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_x \cdot dx = 0$$

Проталкивание:

$$\frac{(\sigma_x + d\sigma_x) \cdot (D_x + dD_x)^2 \cdot \pi}{4} - \sigma_x \cdot \frac{\pi \cdot D_x^2}{4} - p_x \frac{\pi \cdot D_x \cdot \sin\alpha \cdot dx}{\cos\alpha} - p_x \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_x \cdot dx = 0$$

Решая эти уравнения, находим отношение напряжения волочения к напряжению проталкивания:

$$\frac{\sigma_{\text{в.}}}{\sigma_{\text{пр.}}} = 1 - \frac{2 \cdot A \cdot \mu}{\alpha}, \text{ где}$$

$$A = 1 - \frac{F_{\text{к}}}{F_{\text{н}}}; F_{\text{н}}, F_{\text{к}} - \text{площадь прутка до и после волочения}$$

(соответственно).  $\alpha$  – УГОЛ ВСПОЖИ;  $\mu$  – коэффициент трения.

Данное отношение должно стремиться к единице, что достигается, главным образом, уменьшением коэффициента трения. При приближении отношения напряжений проталкивания и волочения к единице улучшается структура и механические свойства металла.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований был разработан узел волок для непрерывного волочения калиброванных прутков в условиях уменьшенных напряжений проталкивания за счет снижения коэффициента трения.

### Литература

1. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов, том III - М.: «Металлургиздат», 1960.
2. Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах - М.: «Металлургиздат», 1960.
3. Перлин И.Л. Теория волочения - М.: «Металлургиздат», 1957.

УДК 621.771.2

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ НАНОЛАМИНАТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Шинкарев Александр Сергеевич

*Студент кафедры «Технологии и оборудование прокатки»*

*Научный руководитель: А.Г.Колесников,  
д.т.н., профессор кафедры «Технологии и оборудование прокатки»*

Улучшение различных физико-механических свойств конструкционных материалов за счет целенаправленного формирования микро- и нанокристаллической структуры открывает широкие возможности для получения уникальных конструкционных материалов и материалов со специальными физическими свойствами. Проведенные многочисленные исследования показали, что интенсивные пластические деформации (ИПД) приводят к существенному изменению структурно-фазового состояния материалов. При больших пластических деформациях металлов размеры их структурных элементов (кристаллитов, фрагментов, границ раздела и т.д.) уменьшаются и достигают значений характерных для материалов с нанокристаллической структурой [2, 5]. Так при интенсивной пластической деформации путем вакуумной прокатки были получены наноламинаты Cu-Ni со средней толщиной слоев 61 нм, Cu-Nb со средней толщиной слоев 11 нм, Cu-Fe 43,8 нм; Nb-Mo 275 нм, Cu-(NbTi) 240 нм [3]. Этим методом на специальном вакуумном стане были получены малоразмерные заготовки наноламинатов из нерастворимых друг в друге металлов.

В работе приведены данные исследований по разработке технологии получения металлических заготовок со слоистой наноразмерной структурой в материалах на основе железа. В нашем случае исходная композиция состоит из железных сплавов, имеющих различное кристаллическое строение (ОЦК и ГЦК решетки). Наличие у материалов различной структуры дает возможность накапливать большие деформации без растворения слоев, а также способствует удержанию свойств, полученных в ходе прокатки. По технологическому маршруту [4], включающему мерную резку заготовок из листов, обработку их поверхности, сборку нарезанных листов в пакет, вакуумирование пакета и последующее пластическое деформирование методом горячей прокатки, были получены заготовки листового сортамента толщиной 2 мм. Композиции прошли два полных технологических цикла и на всех этапах передела, были вырезаны образцы для проведения исследования структуры и механических свойств полученных материалов.

Исследования механических свойств (таблица 1) показали, что в зависимости от толщины слоя, значения условного предела текучести,

предела прочности и твердости возрастают с одновременным существенным снижением характеристик пластичности.

Таблица 1 – Механические свойства исследуемых композиций\*)

Композиция	Толщина слоя, мкм	E, 10 <sup>3</sup>	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta$	$\psi$	НВ
		МПа			%		
30ХГСА+08 X18 Т <sub>пр</sub> =1000°С	$\frac{20}{0,3}$	$\frac{140}{167}$	$\frac{600}{1240}$	$\frac{930}{1450}$	$\frac{6,0}{0,6}$	$\frac{23,0}{1,0}$	$\frac{260}{470}$

\*) – в числителе степень деформации 96%, в знаменателе – 99,94%.

В ходе работы разработана технология получения массивных заготовок многослойных наноламинатов больших размеров со стабильными свойствами методом прокатки на основе промышленно выпускаемых металлов и сплавов. Предложена технологическая последовательность прокатки многослойных наноламинатов из сталей марок 08Х18 и 30ХГСА шириной 1500 мм, толщиной 0,2 мм; разработана планировка оборудования. При разработке технологии использовано действующее стандартное оборудование для прокатки стальных листов и полос.

Процесс включает подготовку поверхности исходных однослойных заготовок, формирование из них многослойной заготовки размерами 350x1500x5000 мм и прокатку ее в многослойную ленту. Последовательность операций:

- подготовка поверхности;
- сборка пакета из 1750 пластин толщиной 0,2 мм;
- заварка капсул;
- горячая прокатка пакета для получения монолитной заготовки (при полной проработке сечения в соответствии с соотношением  $l/h_{ср}=1$ ) толщиной 1,5 мм с последующей смоткой в рулон;
- рекристаллизационный отжиг рулонов для снятия напряжений, полученных при прокатке;
- холодная прокатка до толщины равной первоначальной толщине одной исходной пластины составляющей пакет, т.е. до 0,2 мм.

В результате средняя толщина слоев полученной композиции должна составить 120 нм. Качество многослойного материала во многом определяется чистотой поверхности, герметичностью пакетов при нагреве и прокатке, а также химическим составом исходных металлов. Главным критерием распределения напряжений и деформаций по высоте сечения является соотношение  $l/h_{ср}$ , в зависимости от которого характер распределения сильно различается.

### Литература

1. *Лякишев Н.П.* Нанокристаллические структуры – новое направление развития конструкционных материалов. Вестник российской академии наук. т. 73, №5, 2003г.– с. 422.
2. *Валиев Р.З., Александров И.В.* Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000г.– 271с.
3. *Карпов М. И., Внуков В. И., Волков К. Г., Медведь Н. В., Ходос И. И., Абросимова Г. Е.* Возможности метода вакуумной прокатки как способа получения многослойных композитов с нанометрическими толщинами слоев // Материаловедение. №1. 2004. С. 48-53.
4. *Колесников А. Г, Мечиев Ш. Т., Панова И. Ю.* Состояние и перспективы применения многослойных металлических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении, №1. 2008. С. 42-43
5. *Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, Д.В. Орлов, С.Г. Сынков.* Винтовая экструзия – процесс накопления деформации. Донецк, 2003г. – 28с.

УДК 621.762

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ СПЛОШНОЙ КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ В ДВУХВАЛКОВОМ СТАНЕ ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Шадрин Николай Николаевич<sup>(1)</sup>, Сизов Дмитрий Владимирович<sup>(2)</sup>

*Студент 5 курса<sup>(1)</sup>, аспирант 1 года<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Технологии и оборудования трубного производства»  
Национальный исследовательский технологический университет  
«Московский институт стали и сплавов»*

*Научный руководитель: В.П. Романенко,  
кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологии и  
оборудования трубного производства»*

В настоящее время ведется разработка новой технологии производства железнодорожных колес, совмещающей процесс винтовой прокатки-прошивки с процессом осадки для улучшения механических свойств. Применение процесса винтовой прокатки позволяет проработать литую структуру слитка, снизить анизотропию свойств заготовки, измельчить неметаллические включения.

При винтовой прокатке заготовка получает вращательное движение от валков, вращающихся в одну сторону и поступательное движение в направлении своей оси за счет угла подачи. В результате сложения этих движений каждая точка заготовки (за исключением точек на ее оси) движется по винтовой линии.

Одним из самых распространенных в настоящее время методов численного решения трехмерных нелинейных задач механики деформируемого твердого тела является метод конечных элементов. Метод конечных элементов (МКЭ) — численный метод решения задач прикладной физики. С точки зрения вычислительной математики, идея метода конечных элементов заключается в том, что минимизация функционала вариационной задачи осуществляется на совокупности функций, каждая из которых определена на своей подобласти, для численного анализа системы позволяет рассматривать его как одну из конкретных ветвей диакоптики — общего метода исследования систем путём их расчленения.

Моделирование проводилось в специализированной системе компьютерного моделирования Deform-3D, в основу которой положен метод конечных элементов.

Для моделирования был разработан технологический инструмент двухвалкового стана винтовой прокатки, такой как: валки, направляющие линейки, толкатель, удерживающий желоб, выходное кольцо. Диаметр

заготовки был выбран  $D=474\text{мм}$  аналогичный диаметру слитка выплавляемого на ОАО «ВМЗ», а длина слитка принята равной  $L=3\cdot D=1422\text{мм}$  (рис.1).

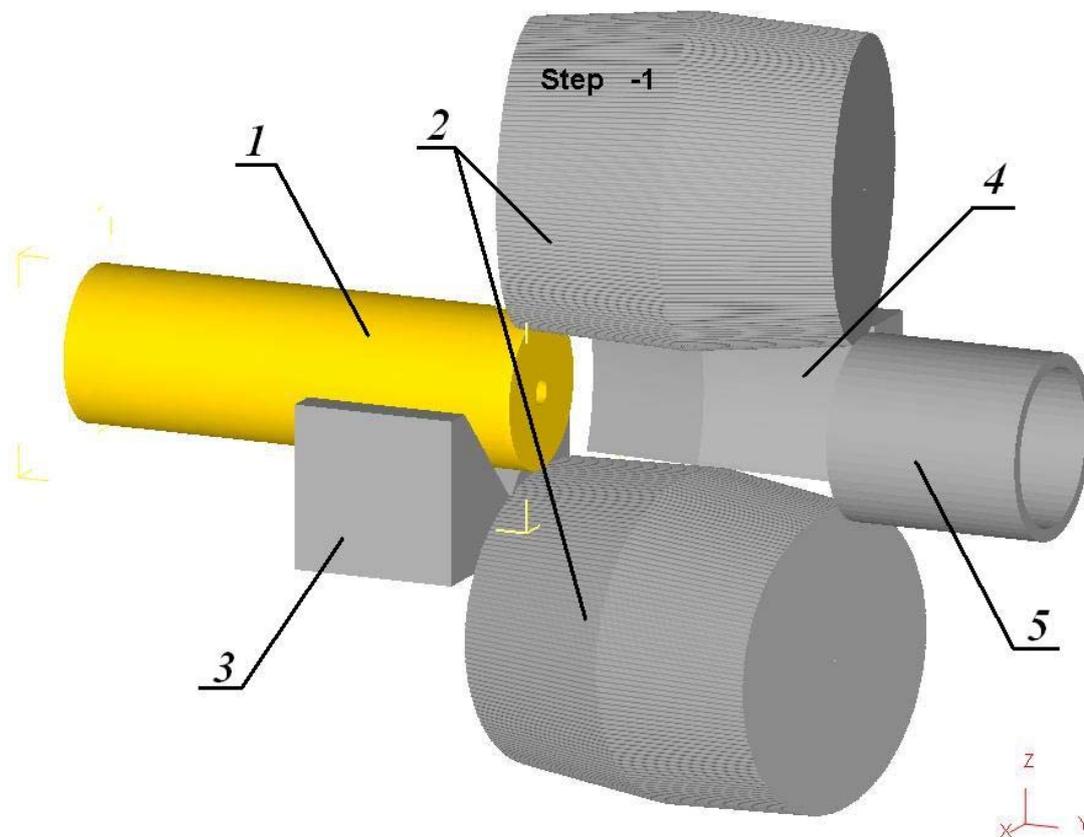


Рис.1 Очаг деформации двухвалкового стана винтовой прокатки: 1-заготовка; 2-рабочие валки; 3-удерживающий желоб; 4-направляющие линейки; 5-выходное кольцо.

Материалом для исследования приняли сталь 60, близкую по содержанию углерода к колесной стали. Приняли следующие параметры очага деформации стана винтовой прокатки: угол подачи (угол разворота валков)  $\beta=12^\circ$ , угол раскатки  $\alpha=0^\circ$ , обжатие в переходе  $\varepsilon=20\%$ , коэффициент оваллизации  $\xi=1,07$ .

Задача процесса прокатки была разбита на два этапа: перед процессом деформации заготовка, нагретая до температуры  $1200^\circ\text{C}$ , остывала на воздухе в течении 40с, после чего задавалась в очаг деформации стана винтовой прокатки, где обжималась по заданным параметрам.

Были получены следующие выходные данные: форма тела, характеристики НДС (графики, поля, топограммы и гистограммы: температур, скоростей, деформаций, напряжений, разрушений и др.). На рис.2 например, представлено распределение внутреннего разрушения и накопленной степени деформации в заготовке.

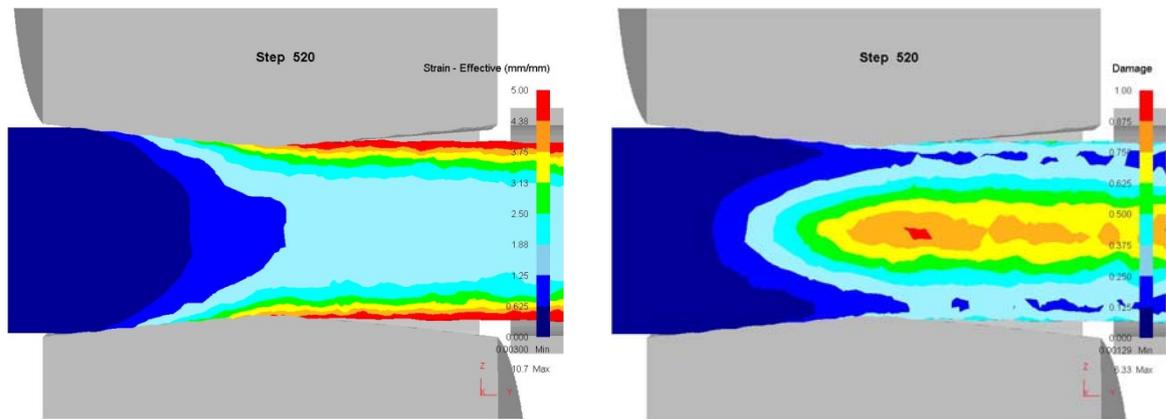


Рис.2 Распределение накопленной степени деформации (слева) и внутреннего разрушения (справа) в заготовки.

### Литература

1. «Производство железнодорожных колес» Г.А. Бибик, А.М. Иоффе, А.В. Праздников, М.И. Староселецкий, М., «Металлургия», 1982. 232с.
2. «Обработка металлов давлением» Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 960 с.
3. «Процесс прокатки» М.А. Зайков, В.П. Полухин, А.М. Зайков, Л.Н. Смирнов – М.: МИСиС, 2004. – 640 с.

**Секция 10**  
**Электронные технологии в машиностроении**

УДК 537.533.2.

## ОСТРИЙНЫЕ АВТОКАТОДЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Корзинов Владимир Викторович, Тренин Александр Владимирович

*Студент 5 курса, студент 5 курса,*

*Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: Беликов А.И.,*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Автоэмиссионные устройства могут применяться в различных электронных приборах, использующих высокоинтенсивный электронный зонд малого диаметра.

Существенным преимуществом автоэмиссионных катодов из материалов на основе углерода является их устойчивая работоспособность в вакууме  $10^{-7} - 10^{-6}$  мм рт.ст.

В данной работе представлено исследование острейного автокатода на основе углеродного волокна. Использование автокатода позволяет уменьшить газовыделение за счет более низкой температуры работы по сравнению с термокатадами. Использование углеродного волокна позволяет увеличить давление в области работы катода по сравнению с аналогичными автокатадами на основе вольфрамовой проволоки.

Ниже представлена конструкция описанного автокатода (Рис. 1).

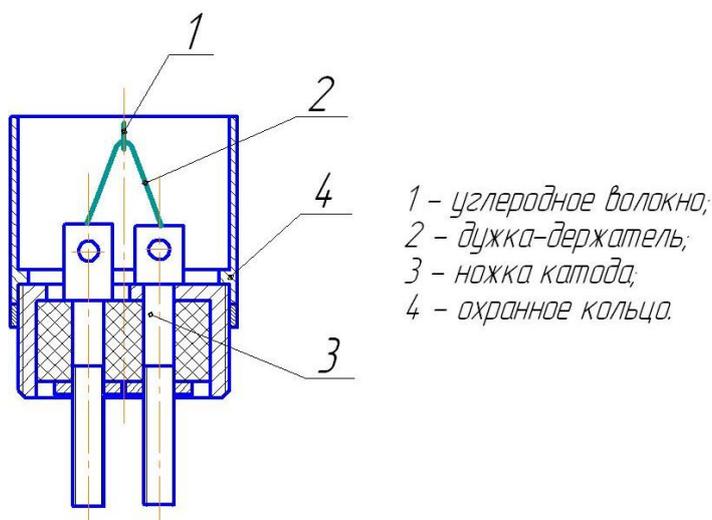


Рис. 1. Автокатод

Работа заключалась в разработке технологии сборки и испытаниях катодного узла. Основными проблемами сборки катода являются установка и

закрепление углеродного волокна ввиду его малого диаметра (7 мкм). Для решения данных проблем была разработана и создана специальная оснастка, которая позволяет точно ориентировать волокно и эффективно фиксировать его на дужке-держателе (Рис.1).

Одним из этапов изготовления катода является заточка волокна плазменным разрядом на атмосфере. В результате заточки образуется наноглубление на торце волокна, благодаря которому достигается более стабильная работа катода и минимальные диаметр электронного пучка и угол его расхождения.

После процесса сборки и заточки автокатод прошел испытания на сверхвысоковакуумной установке. Проведенный эксперимент показал стабильную работу катода при давлении  $2,8 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст. Ниже представлена вольтамперная характеристика катодного узла (Рис.2)

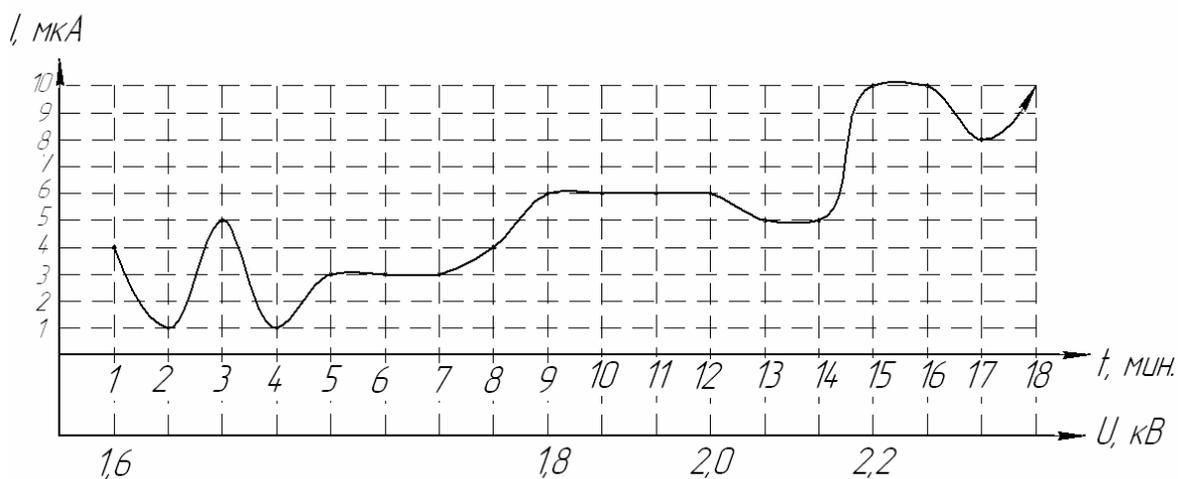


Рис. 2. Вольтамперная характеристика

По результатам проведенной работы, основываясь на полученной вольтамперной характеристике, следует отметить, что при давлении  $2,8 \cdot 10^{-7}$  мм рт. ст. автоэмиссионный катод на основе обработанного углеродного волокна обеспечивает стабильный ток эмиссии на уровне 6 мкА при вытягивающем напряжении 1,8-2,0 кВ.

### Литература

1. Барсов С.В. и др. Высокостабильные эмиссионные катоды из углеродных волокон// Вакуумная наука и техника: Материалы X юбил.н.-т.конференции.- Крым, 2003. – С.445-446.
2. Афанасьев В.А. и др. Патент № 2004028 на изобретение «автоэмиссионный катод».

УДК 621.382

## **КОРРЕКТИРОВКА НЕТОЧНОСТЕЙ СОВМЕЩЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Кудрявцев Михаил Евгеньевич

*студент 5 курса, очная форма*

*Российская Федерация, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра  
«Электронные технологии»*

*Научный руководитель: Р.Ш. Тахаутдинов*

*Ассистент кафедры «Электронные технологии»*

Постоянное повышение требований к плотности рисунка на топологии печатных плат и сокращению их размеров ведет к необходимости искать способы уменьшения ширины проводников, величины зазоров между ними, размеров контактных площадок. Одной из важнейших проблем при этом являются погрешности совмещения, к которым можно отнести погрешности фотоплоттеров, погрешности базирования на различных этапах производства, а также погрешности станков для выполнения отверстий. Приобретение оборудования, позволяющего контролировать и корректировать неточности совмещения и базирования на различных этапах производства, является экономически целесообразным только на предприятиях крупносерийного выпуска печатных плат. В условиях же прототипного, мелкосерийного производства, например, в лабораториях, на небольших производственных участках, покупка высокоточных и высокопроизводительных установок приведет к недопустимому повышению стоимости выпускаемой продукции.

Поэтому возникает необходимость поиска альтернативных, более экономически выгодных методов повышения точности изготовления небольших партий печатных плат при отсутствии дорогостоящей промышленной техники.

Метод, предлагаемый в данной работе, заключается в минимизации неточностей совмещения печатной платы перед механической обработкой (сверлением или фрезерованием) путем корректировки файла с координатами отверстий, выдаваемого на станок (*САМ-файла*). Суть метода состоит в измерении смещения  $\Delta X_i$ ,  $\Delta Y_i$  контрольных точек печатной платы, находящейся на столе сверлильного станка, относительно предполагаемого. В предлагаемой работе данная операция производится посредством сверления тестовых отверстий и измерения отклонения от них соответствующих тестовых структур на плате, обозначающих контрольные точки. Измерение производится с помощью фотографирования участков платы с тестовыми структурами и цифровой обработки полученной информации в программе AutoCAD.

На основании значений  $\Delta X_i$ ,  $\Delta Y_i$  рассчитываются параметры математической модели погрешностей совмещения (ММПС), которая позволяет описать с известной долей точности реальные отклонения в любой точке  $\Delta X_k, \Delta Y_k$  платы:

$$\Delta x_k = \Delta x_0 + A_x \cdot y_k + M_x \cdot x_k + \delta_{xk} \cdot x_k ; \quad (1)$$

$$\Delta y_k = \Delta y_0 - A_y \cdot x_k + M_y \cdot y_k + \delta_{yk} \cdot y_k , \quad (2)$$

где  $\Delta X_0, \Delta Y_0$  - коэффициенты, характеризующие общий для всех модулей сдвиг,

$A_x, A_y$  - коэффициенты, характеризующие угловые развороты системы,

$M_x, M_y$  - коэффициенты, характеризующие масштабные искажения,

$\delta x_i, \delta y_i$  - случайные погрешности.

Далее, с помощью специально созданного для данной методики программного алгоритма исходный САМ-файл с координатами отверстий преобразуется в новый, скорректированный, на основании которого и происходит непосредственная механическая обработка (см. рис. 1).

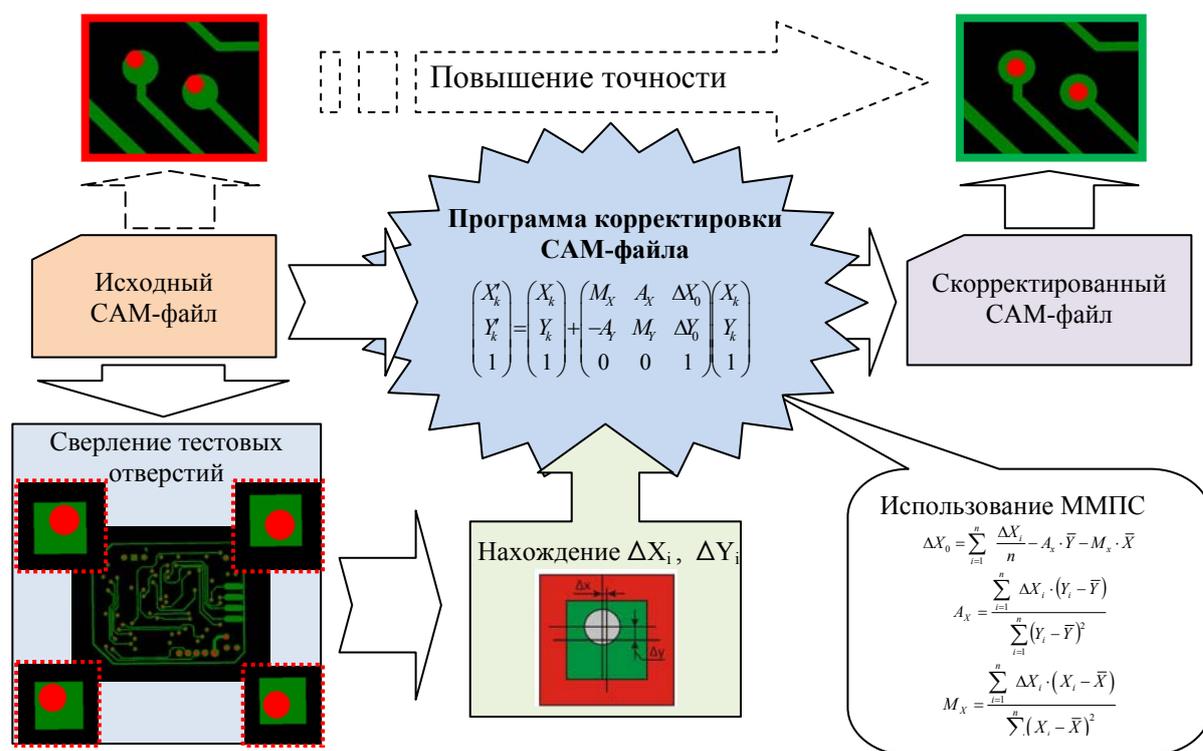


Рис.1. Метод корректировки САМ-файла для станка ЧПУ на основании использования математической модели погрешностей совмещения.

Исходя из проведенных экспериментов и моделирования алгоритма в программе Mathcad, можно сказать, что предлагаемый метод является дееспособным. Полученные после сверления остаточные отклонения (до 0.2 мм) не превышают предусмотренной при данном методе погрешности, величина которой в основном зависит от точности определения смещения контрольных точек. Для внедрения в производство описываемого в статье

технологического решения необходимо повышать точность измерения отклонений.

На практике предлагаемый метод планируется применять для определения рассовмещения внутренних слоев многослойных печатных плат перед сверлением основных отверстий. При этом для каждого слоя будут находиться параметры отклонения, затем, если максимальное рассовмещение слоев находится в пределах технологического допуска, будет производиться корректировка файла сверления с учетом обобщенных данных по всем слоям. Измерения смещений внутренних слоев предполагается проводить либо оптическим способом на выступающих краях, либо с использованием специальных тестовых структур.

### **Литература**

1. Семенов П.В. Технологии в производстве электроники: Справочник. - М.: Технологии, 2007.- С.286-305.
2. Применение метода математического моделирования при контроле совмещаемости топологических слоев./ Рубцов И.Н., Цветков Ю.Б. – Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы, 1984, вып. 7, с. 26-37.

УДК 621.384

## МЕТОДЫ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНДОВОЙ НАНОБРАБОТКИ

Куликов Игорь Николаевич, Тетерук Дмитрий Владимирович

*Студенты 4 курса,*

*Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»,*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Цветков Ю.Б.*

*Доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Современные атомно-силовые микроскопы (АСМ) высокого разрешения, основанные на взаимодействии зонда кантилевера с поверхностью исследуемого образца, нашли применение в качестве инструмента исследования практически во всех областях науки.

Вместе с тем, все более широко начинают использоваться возможности АСМ как инструмента для зондовой нанобработки.

Известные методы локального воздействия зондов АСМ на заготовку можно разделить на три основных группы: механическое воздействие на поверхность заготовки, обеспечение самосборки молекул, локальное маскирование (нанолитография).

*Механическое воздействие* – наиболее простой в реализации метод, при котором зонд микроскопа перемещается по поверхности подложки с достаточно большой силой прижима. При этом на подложке или лежащем на ней слое резиста (как неорганическом, так и органическом) формируется рисунок в виде углублений (царапин).

Наиболее перспективным методом нанесения топологии на поверхность является использование термической наноштамповки. Главная идея метода заключается в том, что зонд определенной формы разогревается лазерным излучением и создает рельеф путем механического воздействия.

Еще одной разновидностью механического воздействия является ферментная нанолитография, при которой на неорганическую полупроводниковую подложку наносится слой органической маски при помощи динамического воздействия наконечника АСМ. Изображение формируется на подложке путем химического травления через органическую маску.

*Самосборка* молекул осуществляется технологией Dip-Pen – это метод, в котором молекулы перемещаются с зонда на поверхность через водяной мениск, который образуется, когда зонд находится у поверхности.

*Анодно-окислительная литография* является вариантом электрической литографии. Приложение разности потенциалов к зонду и проводящему слою

подложки стимулирует протекание электрохимических процессов на поверхности непосредственно под образцом, при этом может происходить окисление металлических слоев.

*Электрическая литография* переносит молекулы на подложку с помощью разности потенциалов зонда и поверхности. С помощью электрической литографии можно изменять не только геометрические характеристики поверхности, но и ее локальные электрофизические свойства. При этом отличие от Dip-Pen заключается в том, что при контакте зонда с поверхностью на окислированных ранее участках происходит химическая реакция, посредством которой удерживаются в сборе переходящие с наконечника молекулы.

### **Литература**

1. Yuguang Cai, Benjamin M. Ocko Electro Pen Nanolithography // Jacs Articles. – 2005. - №127. – С.16287-16291.
2. Yueming Hua Materials and methods for nanolithography using scanning thermal cantilever probes – 2008.
3. Schubert U. S., Wouters D. Nanolithography and Nanochemistry: Probe-Related Patterning Techniques and Chemical Modification for Nanometer-Sized Devices // Angewandte Chemie – 2004. - №43. – С.2480-2495.

УДК 621.793.06

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАКУУМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА**

Куликов Игорь Николаевич, Тетерук Дмитрий Владимирович

*Студенты 4 курса,  
Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»,  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Сидорова С.В.  
Инженер, ассистент кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»*

Необходимость применения универсального технологического вакуумного оборудования в условиях опытного (лабораторного) и мелкосерийного многономенклатурного производства влечет за собой ряд требований к проектированию его конструкции. Основной особенностью современных технологических установок является их модульность – возможность компоновки отдельных узлов (модулей) для реализации различных задач.

Цель данной работы заключается в демонстрации возможностей и наглядности трехмерного твердотельного моделирования для решения задач проектирования и анализа спроектированной конструкции на примере установки модульного типа (УМТ).

В настоящей работе была спроектирована вакуумная установка модульного типа, предназначенная для проведения исследований в области формирования наноструктур в вакууме. Проектирование проводилось в среде трехмерного твердотельного моделирования Autodesk Inventor Pro Suite 2010. Важной особенностью УМТ является возможность применения различных модулей и методов нанесения покрытий (в том числе наноструктурированных): термовакuumное испарение (рис. 1), магнетронное распыление (рис. 2), газофазное осаждение и дуговой разряд.

В рамках проделанной работы был произведен расчет на прочность вакуумной камеры в универсальной программной системе конечно-элементного анализа Ansys 12.

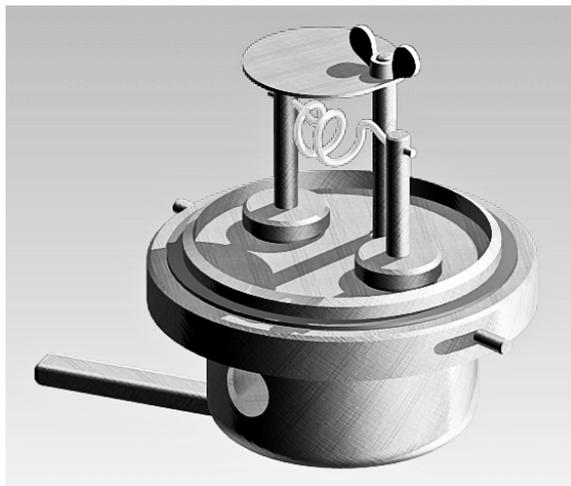


Рис. 2. Модуль термического испарения

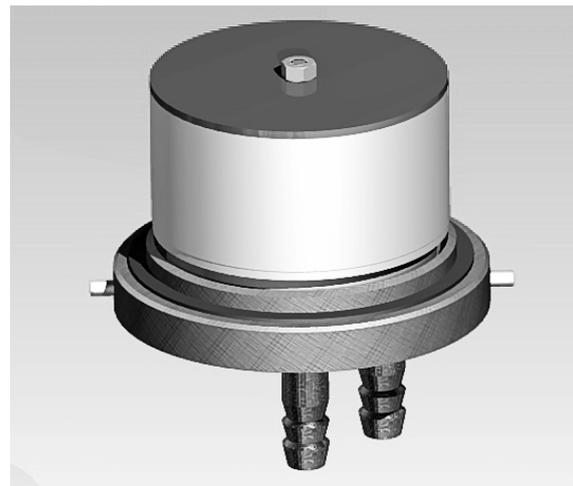


Рис. 3. Модуль магнетронного распыления

В заключении необходимо отметить, что спроектированная УМТ предназначена для решения лабораторных и исследовательских задач. Благодаря модульности конструкции и возможности быстрой смены технологической оснастки, легко могут быть решены вопросы отработки технологических процессов для производства изделий в перечисленных выше областях.

### Литература

1. Сидорова С.В, Панфилов Ю.В., Чабанов А.А.. Вакуумная установка модульного типа для исследования процессов нанесения тонких пленок/ Тонкие пленки в электронике // Сб. докладов XX Международного симпозиума, М., МГТУ, 2007. С. 382–386.
2. Жирных Б.Г.. Создание трехмерных моделей и чертежей деталей в Autodesk Inventor // Пособие для студентов, М., МГТУ, 2008.
3. <http://www.mdcvacuum.com>
4. <http://www.edwardsvacuum.com>
5. <http://www.leybold.com>

**УДК 53.05**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ В ВАКУУМЕ И АТМОСФЕРЕ**

Петросян Г.А.<sup>(1)</sup>, Бредихин И.С.<sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, аспирант<sup>(2)</sup>  
МГТУ им. Н.Э. Баумана<sup>(1)</sup>, Институт физики твердого тела<sup>(2)</sup>*

*Научный руководитель: Деулин Е.А.  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Известно, что наличие водорода в стали резко снижает её твердость, пластичность и ударную вязкость, изменяет магнитные и электрические свойства стали. Кроме того, водород снижает усталостную и длительную прочность стали.

Выдвигаемая авторами гипотеза основана на том, что в процессе механостимулированной сорбции растворение водорода и его изотопов сопровождается увеличением содержания водорода и его изотопов в сорбате [1,2].

Цель экспериментов – подтвердить гипотезу о появлении третьего изотопа водорода (третий) в материалах пары трения. Так как в отличие от других изотопов водорода содержания трития в природе ничтожно мало, и при этом тритий обладает радиоактивностью с периодом полураспада 12,5 лет, то эксперимент проводился с использованием радиометра-дозиметра МКС-01Р для определения бета излучения в зоне резания (рассматриваемое нами как процесс трения с экстремальными параметрами), которое затем сопоставлялось с фоновыми уровнями излучений. В результате эксперимента получено незначительное увеличение дозы излучения в зоне резания по сравнению с фоновым. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показания измерительных приборов при эксперименте  
А) Гамма излучение

Фоновое излучение, мкЗв/час	Излучение при резании, мкЗв/час		
0.10	0.19	0.11	0.16

Б) Рентгеновское излучение

Фоновое излучение, мкЗв/час	Излучение при резании, мкЗв/час
0.11	0.13

Для проверки справедливости гипотезы на наноуровне был проведен ВИМС анализ химического состава резца на установке TOF SIMS5.

В результате ВИМС анализа было установлено, что концентрация трития в зоне трения превышала концентрацию трития в базовой области на 37%. Для сравнения на рис. 1 представлены графики зависимости концентрации атомов трития на базовой поверхности не участвующей в резании и на рабочей поверхности резца.

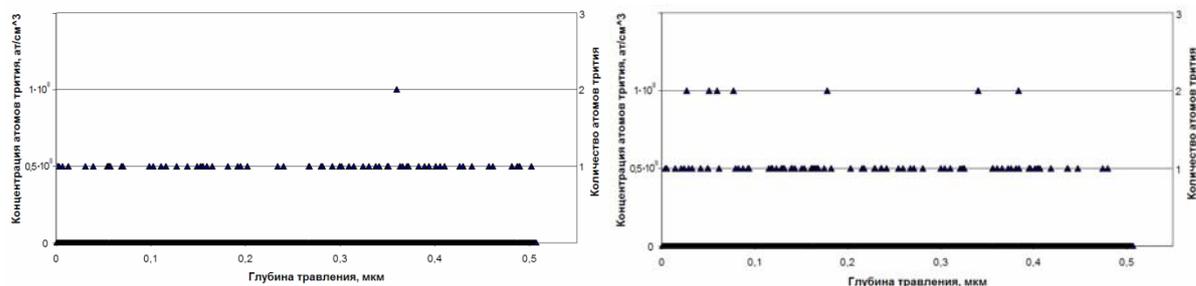


Рис.1. Графики зависимости концентрации атомов трития от глубины травления на базовой поверхности (слева) и на чистой поверхности (справа)

В результате экспериментов было получено косвенное доказательство появления в материалах пар трения третьего изотопа водорода, трития, подтверждаемое незначительным увеличением регистрируемой дозы излучения.

### Литература

1. Deulin E.A. Exchange of gases at friction in vacuum// ECASIA '97.- John Wiley & sons, Nov. 1997.- pp. 1170-1175.
2. Deulin E.A., Nevshoupa R.A. Deuterium Penetration Into The Bulk Of A Steel Ball Of A Ball Bearing Due To Its Rotation In Vacuum.- Applied Surface Science, 144-145, (1999), pp.268-268.

УДК 53.05

## ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК

Расколец Елена Сергеевна <sup>(1)</sup>, Моисеев Константин Николаевич <sup>(2)</sup>

*Студентка 5 курса <sup>(1)</sup>, аспирант <sup>(2)</sup>,  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Ю.В. Панфилов,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»*

В работе были проведены исследования поверхности и характеристик полимерного материала ПМ-А, активированного в вакуумной установке ПРЭЛСИ и не активированного. Установлена зависимость между условиями обработки пленки (напряжение источника ионов, давление в рабочей камере, число проходов, рабочий газ) и параметрами шероховатости и фрактальной размерности, показано, что при исследовании образца пленки на атомно-силовом микроскопе, число точек сканирования влияет на точность получения данных (в данном случае данных параметра шероховатости). Кроме того, была проведена оценка зависимости параметра шероховатости пленки от угла наклона ионного пучка (по отношению к нормали) при ее обработке.

В настоящее время полиимидные пленки имеют широкое применение в науке и технике. Полиимидные пленочные материалы (ПМ) находят свое применение в конструкциях космических аппаратов. Одна из областей их применения – использование ПМ-материалов в качестве электроизоляции фотоэлектрических преобразователей углепластиковых обшивок солнечных панелей. Широкие перспективы исследования и применения ПМ-материалов связаны с увеличением срока службы солнечных панелей, а, следовательно, и спутников.

В работе рассматривается возможность оптимальной обработки пленки с целью получения определенных значений параметров шероховатости и фрактальной размерности, необходимых для повышения адгезии (прочности при отслаивании пленки от углепластиковой обшивки солнечной панели), эта проблема является нерешенной и актуальной на сегодняшний день; кроме того, в работе представлены результаты исследования образцов пленки на атомно-силовом микроскопе (AFM) с целью определения расхождения в данных, получаемых при сканировании образца в разном количестве точек сканирования, а также приведены данные

по шероховатости полиимидной пленки, обработанной ионным источником под разными углами.

Целью работы являлось выявление возможного влияния обработки ионами на морфологию поверхности полиимидной пленки и изменения морфологии поверхности обработанной пленки в процессе хранения. Анализ полученных изображений показал, что рельеф поверхности после обработки сглаживается, при этом значение шероховатости уменьшается на порядок и составляет десятые нанометров.

Было установлено, что границы существования истинного значения параметров шероховатости определяются найденными доверительными интервалами, а значения, выходящие за их пределы, обусловлены наличием случайных факторов (повышенная влажность воздуха, работа установки, человеческий фактор и т.д.). Стандартное отклонение при различном количестве точек измерения  $n$  различно, чем выше  $n$ , тем больше дисперсия (действие случайных факторов) и тем выше точность измерения параметров.

Для оценки зависимости шероховатости от угла наклона источника ионов была взята неактивированная полиимидная пленка. Установлено, что при увеличении угла наклона ионного источника шероховатость уменьшается, поверхность сглаживается.

### Литература

1. *Нестеров С.Б., Логинов Б.А., Зилова О.С., Сабирзянов Н.Р.* Сканирующие зондовые микроскопы // Издательский дом МЭИ. 2007. – С. 17-24.
2. *Бухарев А.А., Овчинников Д.В., Бухарева А.А.* Диагностика поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии (обзор) // Заводская лаборатория. 1997. №5. С. 10-27.
3. *Арутюнов П.А., Толстихина А.Л.* Атомно-силовой микроскоп – универсальное средство измерения физических величин в мезоскопическом диапазоне длин // Датчики и системы. Измерения, контроль, автоматизация. 2000. №4. С. 39-48.
4. *Филонов А.С., Гаврилко Д.Ю., Яминский И.В.* Руководство пользователя пакета программного обеспечения для управления сканирующим зондовым микроскопом и обработки изображений «FemtoScan Online» // Центр перспективных технологий, М., 2001.

УДК 53.06

## **ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВАКУУМА И КОЭФФИЦИЕНТА ПОКРЫТИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОРБАТОМ**

Скрылев Александр Витальевич

*Студент 5 курса  
кафедра «Электронное машиностроение»  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Е.А. Деулин,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Электронное  
машиностроение»*

Каталоги фирм в области вакуумной техники демонстрируют высочайшее разнообразие приборов для измерения остаточного давления. Ряд предлагаемых на рынке приборов имеет широкий (до 10 порядков давления) диапазон измерения вакуума. Технические решения подобных приборов заключаются в объединении в одном корпусе нескольких датчиков, обладающих узким (до 4-х порядков) диапазоном измеряемых давлений и основанных на разных физических принципах (теплопроводности, ионизации атомов и др.).

В современных технологиях нанесения тонких пленок, сборки фотоэлектронных приборов (ФЭП), в технологии молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), в установках для экспериментальных термоядерных исследований типа «Токамак» и др. важно знать значение коэффициента покрытия поверхностей сорбатом для определения степени чистоты поверхности, поскольку этот параметр является критичным, но для его прямого измерения в настоящее время не создано приборов, а рассчитывается он по известным уравнениям сорбции: Генри, Ленгмюра, БЭТ и др. Проблема использования подобного расчета заключается в том, что оценку коэффициента покрытия производят удаленно от исследуемой поверхности как по времени, так и по расстоянию.

Принцип работы датчика основан на том, что при изменении остаточного давления, температуры, влажности и газового состава происходят не только количественные изменения сорбированного газа (коэффициента покрытия), но и качественные изменения в природе и характере трения [1].

Полученные результаты экспериментов, проводившихся при повышенной влажности, после пересчета влажности в коэффициент покрытия поверхностей сорбатом, повторяют характер изменения кривым представленным в [2,3].

Проведенные эксперименты подтверждают теорию так называемого «сухого трения» и являются предпосылками для создания прибора, в основе которого лежат описываемые в работе [4] явления. Для внедрения прибора в массовое производство, т.е. выхода на рынок приборов для измерения вакуума, и создания совершенно нового рынка приборов для измерения коэффициента покрытия поверхностей сорбатом, необходимо накопление практических знаний о том, что происходит на поверхностях при «сухом трении». Это является основной целью проведения экспериментов.

### **Литература**

1. Patent of RF № 2316744. Deulin, E.A. A method of vacuum measurement. Bull. Inv.-10.02, 2008.
2. *Deulin, E.A.* The Role of Adsorbed Water Film For Sliding Friction of Smooth and Rough Surfaces. in Tribology - Science and Application Conference. 2004. Vienna.
3. *Deulin, E.A., et al.* Effect of Gas Adsorption on Tribology of Ball Bearings in Vacuum. in 15th International Colloquium on Tribology "Automotive and Industrial Lubrication". 2006. Stuttgart, Ostfildern: Technische Akademie Esslingen.
4. *Deulin, E.A., A.A. Gatsenko, and A.B. Loginov,* Friction force of smooth surfaces of SiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> as a function of residual pressure. Surface Science, 1999. 433-435: p. 288-292.

**Секция 11**  
**Лазерные технологии в машиностроении**

УДК 53.084.823

## РЕЗКА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

Выродова Мария Александровна, Коека Юлия Дмитриевна

*Студенты 6 курса*

*Кафедра "Лазерные технологии в машиностроении"*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Богданов*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры "Лазерные технологии в машиностроении"*

Основной операцией заготовительного производства в условиях современного производства является резка.

Лазерная резка сочетает высокие показатели как по производительности процесса, так и по точности и качеству поверхностей реза.

Данная работа заключалась в подборе оптимального режима резки волоконным лазером зеркальной нержавеющей стали толщиной 1 мм.

Для резки образцов использовался мощный промышленный волоконный лазер ЛС-3.5.

Тестирование технологических возможностей волоконного лазера показало, что он пригоден для замены классических СО<sub>2</sub>-лазеров в данном технологическом процессе, а по ряду свойств имеет существенные преимущества.

В работе приведены характеристики и описаны особенности волоконного лазера.

Произведен предварительный расчет режима лазерной резки.

Представлен внешний вид образцов, внешний вид реза, приведены полученные данные, графически показаны зависимости ширины реза, величины зоны термического влияния и грата от мощности модулированного излучения и скорости резки, а также от длительности импульса.

### **Литература**

1. *Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н. , Мисюрин А.И.* Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г.Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2006. – 664с.
2. Лазерная техника и технология. В 7-ми кн. Кн. 2. Инженерные основы создания технологических лазеров: Учеб. пособие для вузов/ *Голубев В.С., Лебедев Ф.В.*; Под ред. А.Г. Григорьянца. - М.: Высшая школа, 1988. - 176 с.

УДК 621.375.826

## **АДАПТАЦИЯ МЕТОДИК ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОКУСИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Попов Кирилл Леонидович, Куликов Иван Валерьевич, Баландина Любовь Николаевна.

*Студенты 3 курса Кафедры МТ-12  
Московский Государственный Технический Университет имени Н. Э.  
Баумана*

*Научные руководители: Ю. В. Голубенко<sup>(1)</sup>, А. В. Богданов<sup>(1)</sup>, Мельников Д. М.<sup>(2)</sup>*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры МТ-12<sup>(1)</sup>, аспирант 1 года<sup>(2)</sup>.*

Нашей целью является установление ряда зависимостей для более корректного выбора оптических и других параметров лазерных систем. Здесь надо заметить, что выбор таких параметров может быть очень трудоёмкой задачей, так как для каждого типа процессов лазерной обработки необходимы определённые характеристики фокусировки луча. Речь идёт о том, для различных процессов требуется уникальная комбинация диаметра пятна в фокусе, длины перетяжки и фокусного расстояния. Факторы, которые, в конечном счёте, определяют эти параметры, так же определяют характеристики структурных составляющих лазерного комплекса.

В своей работе мы выбрали два принципиальных типа лазерных систем – волоконных лазер (мы рассмотрели этот тип на основе установки ЛС – 3.5, вследствие малой изученности проблемы обобщать полученные нами данные для всего спектра волоконных лазерных систем не представляется возможным) и классическую схему твердотельного лазера на примере активного элемента из алюмоиттриевого граната с неодимом.

В итоге работы мы определили влияние таких параметров как: выходная мощность, расходимость, лазерного излучения, диаметр луча до фокусировки. Разработанная схема составлена таким образом, чтобы при окончательно подборе характеристик структуры лазерного комплекса, ею можно было пользоваться в качестве направления выбора правильного пути исследования.

### Литература

1. *А. Ф. Котюк* «Основы оптической радиометрии» М. Физмалит, 2003, 544 стр.;
2. «Наблюдение пассивной модуляции добротности в эрбиевом волоконном лазере», ЖТФ 2001 год, том 21, вып. 10;
3. *А. Н. Бочаров, А. В. Мурыгин* «Определение ширины плотности распределения энергии электронного пучка по его сечению при электронно-лучевой сварке», Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева, 2005;
4. *Г.М. Зверев Ю.Д. Голяев* «Лазеры на алюмоиттриавом гранате с неодимом», -М., Радио и связь, 1985

УДК 621.375.826

## ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА СОВМЕЩЁННЫМИ ТЕПЛОВЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Самарин Пётр Евгеньевич <sup>(1)</sup>, Макаров Валерий Викторович <sup>(1)</sup>, Аунг Лин Хтет <sup>(2)</sup>

*Студенты 6 курса<sup>(1)</sup>, магистр 2 года<sup>(2)</sup>,  
Кафедра МТ-12*

*Московский Государственный Технический Университет имени Н. Э.  
Баумана*

*Научный руководитель: А. И. Мисюров,  
Кандидат технических наук, доцент кафедры МТ-12*

Применение лазерного излучения для сварки металлов позволяет значительно расширить технологические возможности сварочных процессов, повысить их производительность и улучшить качество сварных соединений. Использование дополнительного теплового источника позволяет повысить эффективность процесса лазерной сварки. Реализация преимуществ достигается при регулировании взаимного положения тепловых источников, имеющих различную распределённость плотности мощности. Изменение взаимного положения тепловых источников позволяет регулировать тепловую обстановку в свариваемом изделии. Высокая сложность процессов создаёт сложности в выборе оптимальных режимов с использованием технологических экспериментов. Поэтому применение методов компьютерного моделирования позволяет упростить выбор оптимальных параметров обработки. В данной работе мы использовали модель, созданную по нашему техническому заданию в Санкт-Петербургском Государственном Техническом Университете. В программе присутствует база данных по материалам, в которой содержится информация о физических свойствах различных сталей и сплавов и их химическом составе. Имеет возможность быстрого поиска необходимого материала, редактирования имеющихся данных и добавления новых.

В данной работе исследовали влияние теплофизических свойств и толщины свариваемого металла на эффективность процесса гибридной сварки. Для этого сваривали сталь 30ХГСА ( $\lambda_t = 0,32$  Вт/(см·К)) сталь типа Х18Н9 ( $\lambda_t = 0,163$  Вт/(см·К)) различной толщины: 0,6 и 100 мм.

Установлено, что увеличение мощности дополнительного источника во всех случаях приводит к повышению эффективности процесса. Однако имеются различия, они состоят в следующем. Степень эффективности зависит от взаимного положения источников тепла. Для тонколистовых

металлов, независимо от их теплофизических свойств необходимо располагать дополнительный источник тепла спереди от лазерного луча.

С увеличением толщины эффективность процесса резко снижается. При толщине 100 мм по сравнению с 0,6 мм происходит её уменьшение почти в 10 раз.

Снижение теплопроводности приводит к повышению эффективности. В нашем случае оно составляет около 25 %.

Наряду с изменением эффективности, при использовании дополнительного источника тепла возможно регулирование тепловой обстановки при сварке. Это особо важно при сварке закаливающихся сталей, в которых при лазерном воздействии происходит образование хрупких структур.

При изменении параметров сварочного термического цикла можно добиться благоприятной структуры сварного соединения. Расчёты показывают, что использование дополнительного источника способствует снижению скорости охлаждения  $\omega_{700-800}$  и увеличению времени пребывания при  $t > 900^{\circ}\text{C}$ . Это должно привести к увеличению пластичности сварного соединения за счёт изменения структуры.

Проведенные эксперименты показали, что при лазерной сварке стали 30ХГСА за счет высоких скоростей охлаждения в металле шва образуется крупноигльчатая структура, состоящая в основном из мартенсита (М) и бейнита (Б). Такая структура мало пластична и склонна к трещинообразованию.

При гибридном способе сварке происходит снижение скорости охлаждения и структура шва состоит из троосто-бейнита. Образование в структуре шва троосто-бейнита приводит к снижению вероятности образования трещин.

УДК 621.791.92.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА**

Ставертий Антон Яковлевич

*Студент 5 курса (1), кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»,  
Московский государственный технический университет.*

*Научный руководитель: Р.С.Третьяков, ассистент кафедры «Лазерные  
технологии в машиностроении».*

Цель данной работы – получение наплавленного износостойкого композиционного покрытия с заданными свойствами с помощью излучения волоконного лазера.

В данной работе было необходимо получить и исследовать износостойкое наплавленное покрытие на поверхности жаропрочного сплава ВЖЛ-12У. Практически это осуществимо при наплавке композитного состава с минимальным подплавлением основного металла. Задача о нахождении оптимального режима заключалась не только в поиске режима с качественным наплавленным валиком, но и в исследовании микроструктуры валиков на наличие в них достаточного количества нерастворенных карбидов, необходимых для обеспечения твердости и износостойкости покрытия.

Ставилось условие сохранения карбидов вольфрама нерастворенными в пластичной никель - хромовой обвязке для получения одновременно высоких пластических и износостойких свойств наплавленного слоя. Карбиды вольфрама, обладающие отличными жаропрочными и износостойкими свойствами, повышают ресурс работы деталей и их стойкость к ударно – абразивным нагрузкам при повышенных температурах. Пластичная связка обеспечивает прочное сцепление наплавленного металла с основой и служит матрицей для расположения упрочняющих частиц карбидов вольфрама. Состав наплавляемой смеси был выбран согласно литературным данным: WC (40%) – Ni (50%) – Cr (10%).

Для проведения экспериментов был разработан стенд на базе иттербиевого волоконного лазера ЛС-3.5. Подача порошка осуществлялась коаксиально с лазерным излучением, с помощью специально разработанного сопла.

После проведения многофакторного эксперимента с изменяемыми параметрами: мощность излучения (1,5 - 3 кВт), скорость обработки (2 - 4 м/мин), диаметр пятна (3 - 8 мм, с шагом 1 мм) в зоне наплавки, было подтверждено предположение о зависимости количества нерастворенных

карбидов в наплавленном металле от характера распределения плотности мощности лазерного излучения в зоне обработки.

Для более подробного объяснения зависимости количества нерастворенных карбидов от распределения плотности мощности излучения в зоне обработки была проведена серия экспериментов по изучению характеристик излучения волоконного лазера. В результате исследования выяснилось, что при проведении наплавки мощным излучением количество нерастворенной упрочняющей фазы сильно зависит от распределения энергии по пятну обработки. Оптимальным распределением плотности мощности по диаметру пятна излучения для сохранения карбидов представляется равномерное распределение с постоянной плотностью мощности по всему диаметру пятна.

В результате исследования микротвердости шлифов полученных валиков установлено, что при растворении части карбидов наплавочной смеси твердость матрицы без карбидов существенно повышается, но остается ниже твердости карбида вольфрама. В этом случае наплавленный валик не имеет значительного количества тугоплавких дисперсных частиц, но обладает высокой равномерной твердостью относительно основного металла. Таким образом, наплавленное покрытие может оказаться непригодным для технологии восстановления из-за большой доли растворенных карбидов и, как следствие, снижением твердости и износостойкости. Для проверки свойств наплавленного валика необходимо проводить микроструктурный анализ наплавленного металла.

Лазерная коаксиальная порошковая наплавка позволяет регулировать как геометрические параметры валика, так и структуру полученных валиков в широком диапазоне. Это возможно благодаря большому количеству настраиваемых параметров режима наплавки, таких как мощность и плотность мощности лазерного излучения, скорость обработки, параметры подачи порошка и его свойства, качество обрабатываемой поверхности и др.

**Секция 12**  
**Реновационные технологии**

УДК 621.9.029: 621.771.07

## РЕМОНТ ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА

Бодарева Анастасия Вячеславовна

*Студентка 5 курса,*

*Кафедра «Реновация средств и объектов материального производства в машиностроении»*

*Московский Государственный Технический Университет*

*Научный руководитель: В.К.Стратьев,*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры «Реновация средств и объектов материального производства в машиностроении»*

В прокатном стане основным изнашиваемым инструментом являются валки, вращающиеся в подшипниках качения. При пластическом деформировании металла усилие воспринимаемое опорными поверхностями валков передается на шейки, установленные в подшипники качения с натягом, вследствие этого происходит процесс образования фреттинг коррозии на их поверхности.

Рассмотрим подробнее метод восстановления изношенной поверхности деформирующим резанием (ДР) с последующим нанесением ремонтного состава фирмы Benzola.

Основу метода составляет подрезание и пластическое деформирование подрезанных слоев с образованием микрорельефа в виде оребрения с помощью токарного резца. При восстановлении изношенных поверхностей этим методом, целесообразно применение ремонтных состав при больших величинах износа, и условия полного отсутствия поверхностной пористости. Метод деформирующего резания позволяет увеличить диаметр на 0,8 мм при шаге оребрения от 0,15 до 2 мм и глубине канавок от 0,2 до 2,0 мм.

При движении втулки, установленной с натягом, относительно оребренной поверхности вала, силы трения, возникающие на вершине ребра, упруго изгибают его. Такой изгиб ребра приводит к его самозаклиниванию, поскольку при упругом повороте ребра увеличивается диаметральный размер вала. Заполнение межреберных зазоров делает невозможным изгибные деформации ребра и приводит к устранению эффекта самозаклинивания ребер.

Испытания покрытия на основе ремонтного состава на срез показали увеличение воспринимаемых покрытием сдвиговых нагрузок в 3,2 раза в случае подготовки поверхности методом ДР по сравнению с аналогичным покрытием, наносимым на поверхность, подготовленную по штатной технологии.

Такие большие воспринимаемые усилия можно объяснить композиционной структурой покрытия, в которой роль армирующих элементов выполняют ребра, при этом ремонтный состав в межреберном зазоре работает не на сдвиг, а только на сжатие. В ходе работы выявлена зависимость угла наклона профиля ребра (90, 30, 60, 90, 120) от усилия - чем больше угол, тем меньше усилие запрессовки-выпрессовки подшипника на вал.

В процессе исследования возможностей метода был проведен дробнофакторный эксперимент по результатам которого сделан вывод, о том, что наилучшим режимом для проведения процесса деформирующего резания будет режим со следующими значениями факторов: глубина канавок  $x_1=1,1$  мм, угол наклона канавок  $x_2=5$ , шаг орebrения  $x_3=2$ , скорость  $x_4=0,9$  м/мин, материал изношенной поверхности Сталь 45.

К технологическим преимуществам метода деформирующего резания можно отнести:

1. не требуются операции пескоструйной обработки и обезжиривания поверхности, необходимые перед нанесением ремонтных составов, поскольку после процесса деформирующего резания практически вся поверхность детали ювенильно чистая.

2. возможна существенная экономия ремонтного состава и повышение удобства его нанесения, за счет надежного базирования наносящего пасту инструмента по вершинам ребер. Метод деформирующего резания является наиболее оптимальным методом при восстановлении таких деталей как валы прокатного стана, т.к полученная поверхность будет соответствовать всем необходимым требованиям для последующей работы.

### Литература

1. *Н.Н. Зубков, И.Г. Кременский, С.Г. Васильев.* Восстановление изношенных поверхностей с использованием металлорежущего оборудования. М.: Машиностроение, 2001. – 415 с.
2. *Кудинов В.В.* Плазменные покрытия.– М.: Металлургия, 1977.– 184 с.

УДК 53.084.823

## ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА

Кандлин Максим Александрович

Студент 3 курса

Кафедра «Реновационные технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Головин Александр Александрович.

Доктор технических наук, профессор кафедры ТММ

Одной из задач технологического процесса является транспортировка изделия или заготовки от одной технологической машины к другой. Для решения данной задачи может быть использован конвейер с манипуляторами погрузки и разгрузки. Пример этой задачи приведен на рис. 1.

Транспортировка изделия из позиции 1 (позиция загрузки изделия на конвейер) в позицию 2 (позиция разгрузки изделия с конвейера) осуществляется с заданным шагом и временем. На позицию погрузки (П1) изделие доставляется манипулятором 1 (М1), с позиции разгрузки изделие снимается манипулятором 2 (М2). Манипулятор М1 забирает изделия из трёх фиксированных положений на плоскости (Н1), манипулятор М2 перемещает изделие с конвейера в две фиксированные позиции, расположенных в вертикальной плоскости (Н2).

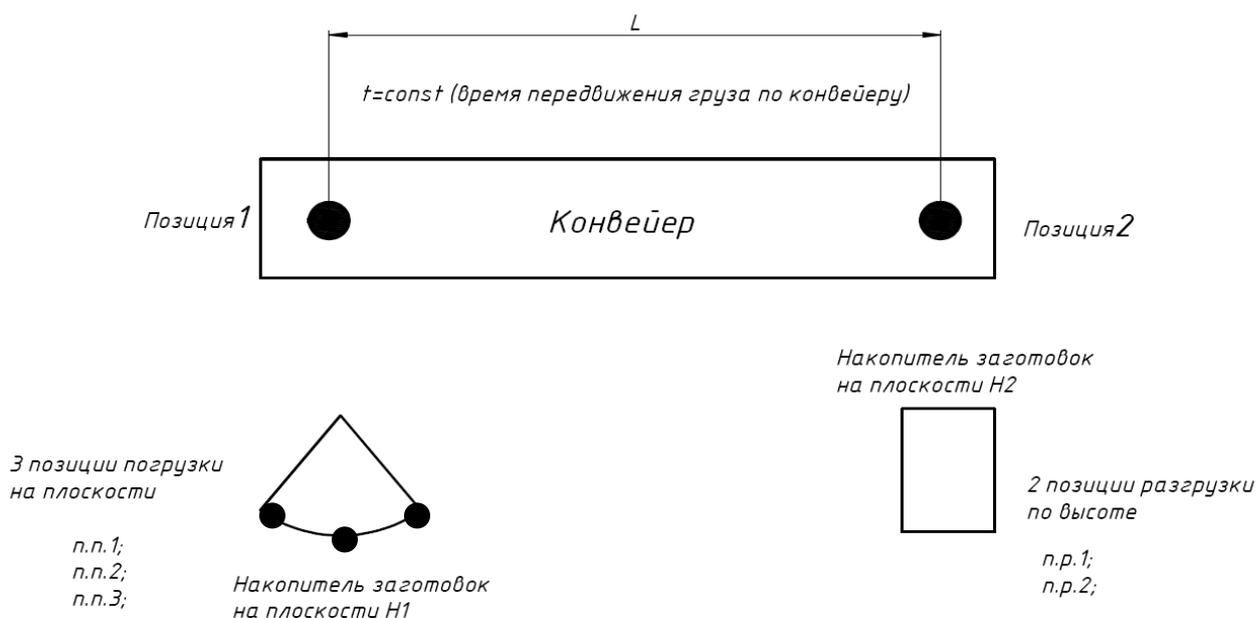


Рис.1. Схема роботизированного технологического участка

Нами была поставлена задача создания действующей модели данного роботизированного технологического участка, изображенная на рис.2. В модели можно выделить следующие структурные элементы:

1. Механическая часть, которая состоит из конвейера и двух манипуляторов.
2. Система диагностики, состоящей из датчиков определяющих положения изделия на плоскости (Н1).
3. Система управления (СУ NXT), обеспечивающая следующую последовательность действий  $H1 \rightarrow П1 \rightarrow П2 \rightarrow H2$ .

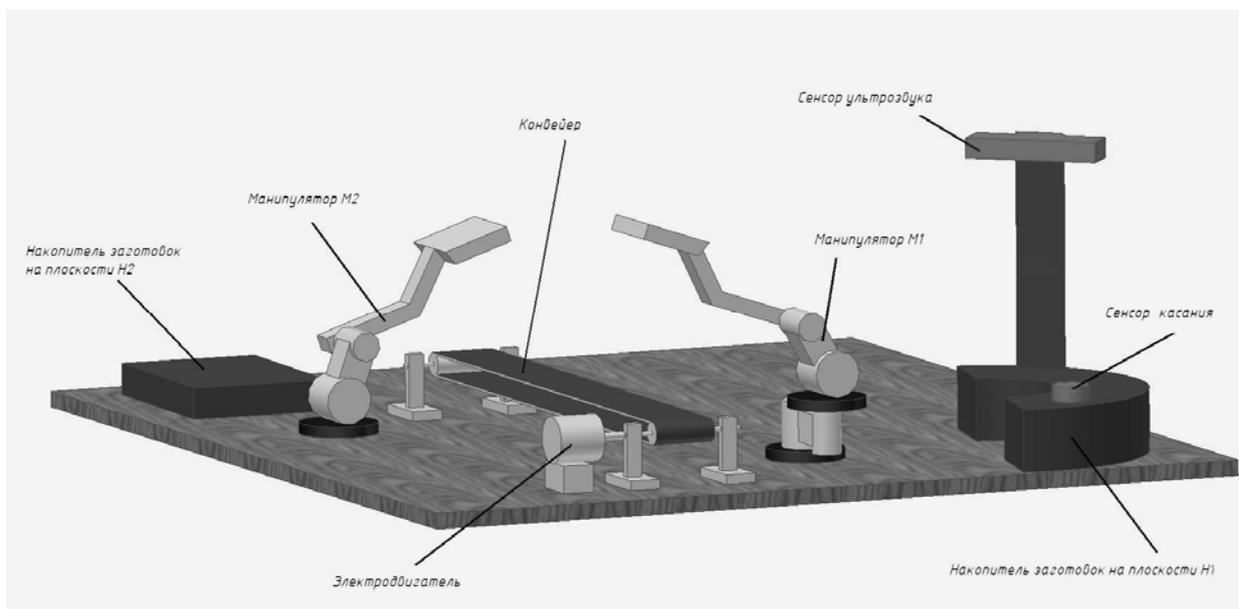


Рис.2. Трехмерная модель РТУ на базе конструктора Lego Mindstorms.

Манипуляторы, их система управления, система диагностики и ферма конвейера были собраны на базе конструктора Lego Mindstorms (наличие схватов в манипуляторах не предусмотрено). Материальная база конструктора не давала возможности перемещения изделия из П1 в П2. Для осуществления данной задачи нами было сделано:

1. Конвейер, состоящий из механической части и электродвигателя.
2. Разработана и сделана система управления электродвигателем на базе микроконтроллера.
3. Связаны в единую система управления манипуляторами и система управления электродвигателем рис.3.

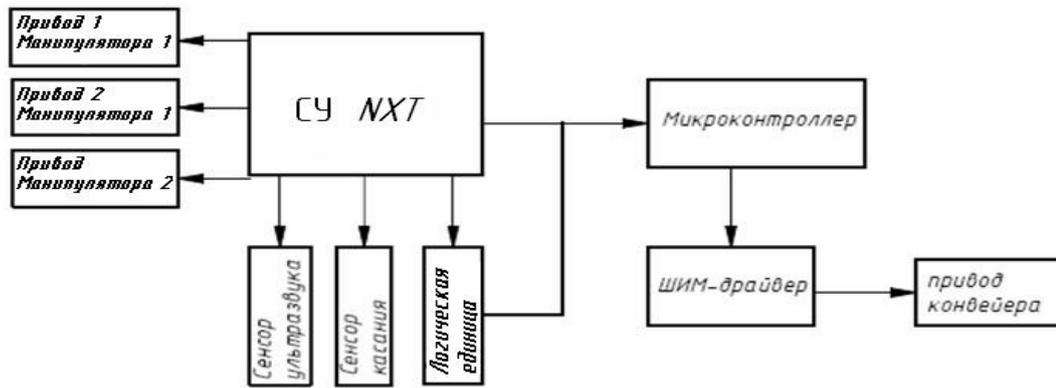


Рис.3. Блок-схема системы управления и диагностики.

УДК 621.9

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СОТС ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16К20 С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА ОХЛАЖДЕНИЯ ИОНИЗИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ**

Климочкин Кузьма Олегович

*студент 6 курса*

*кафедра «Технологии обработки материалов»*

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,*

*Научный руководитель: В.Б. Есов*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»*

Одним из новейших высокоэффективных методов повышения производительности механообработки является применение устройства охлаждения зоны резания охлаждённым ионизированным воздухом. Разработанные в МГТУ им. Н.Э.Баумана способ охлаждения зоны резания и устройства его реализующие предназначены для повышения производительности оборудования, снижения затрат на его эксплуатацию и ремонт, увеличения стойкости инструмента, создания комфортных санитарно-гигиенических условий в зоне обслуживания.

Применение данного способа охлаждения позволяет по сравнению с водосмешиваемыми смазочно-охлаждающими средами повысить производительность механообработки в 2...2,5 раза. Особенно эффективно применение на финишных операциях, когда снимается минимальный припуск. Обеспечивается увеличение стойкости инструмента в 1,3...2 раза. Шероховатость обработанной поверхности составляет  $R_a=0,32...2,5$  мкм.

Принцип действия устройства основан на перераспределении энергии сжатого воздуха между двумя потоками, образующимися в вихревой трубе при его расширении и последующей ионизации холодного потока коронным разрядом. Далее, слабоионизированный воздух под давлением подаётся непосредственно в зону резания. В результате происходит охлаждение режущего инструмента и образование на его контактных поверхностях защитных окисных наноплёнок.

В сравнении с широко применяемыми в настоящее время масляными и водосмешиваемыми жидкостями, воздух, как хладагент обладает рядом преимуществ: нетоксичен, доступен, дешёв, может быть использован в широком диапазоне температур, не требует утилизации.

Устройство охлаждения ионизированным воздухом (УОИВ) состоит из, собственно, самого УОИВ, блока питания и стойки для крепления УОИВ на станке.

Технология охлаждения ионизированным охлаждённым воздухом внедряется на кафедре МТ-13 в лаборатории механической обработки.

Спроектирована и смонтирована пневмосеть, в качестве источника сжатого воздуха использован компрессор Fiak AB 100/360.

Объектом модернизации выбран токарно-винторезный станок 16К20.

При проектировании в условиях реновационного производства, где номенклатура и ассортимент модернизируемого оборудования широки, требуется универсальный проект для крепления устройства. Для этой цели использовали САПР Catia V5 R17, где была создана параметризованная модель стойки.

Параметры модели стойки согласовывались с использованием трёхмерной модели станка, что позволило смоделировать конечный вид модернизированной системы охлаждения (рис.1), оценить эргономичность конструкции. По модели стойки рабочие чертежи были получены в автоматическом режиме.

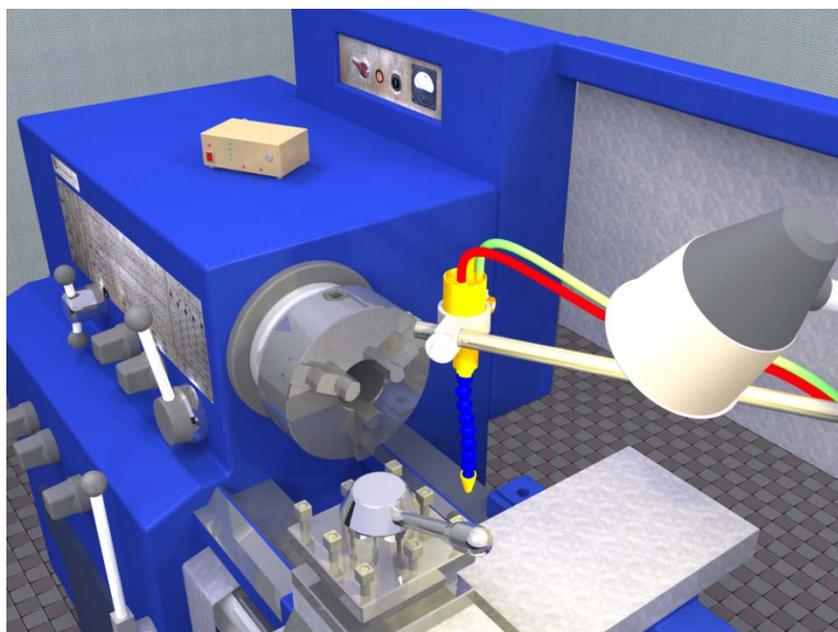


Рис. 1. Модель станка 16К20 с модернизированной системой охлаждения

Блок питания УОИВ для удобства оснастили пультом дистанционного управления (фото 2) с помощью которого можно выбрать степень ионизации, включить, выключить и перевести систему в стандартный режим работы (стандартная система подачи СОЖ включается одновременно с главным приводом станка).

Первые опытные работы, проведённые на модернизированном станке, ещё раз подтвердили эффективность применения охлаждённого ионизированного воздуха в качестве СОТС.



Фото 2. УОИВ с дистанционным пультом управления, установленные на станке

Опыт проводился по методике экспресс анализа обрабатываемости, разработанной Есовым В.Б.. Производилось продольное точение заготовки разделенной на две части. Обтачивая поверхности по очереди с одинаковыми режимами резания, но с разными СОТС, относительно сравнивали резание в сухую и с применением УОИВ. Материал заготовки 30ХГСА, инструмент – сборный резец с пластинами из твёрдого сплава МС1460. Параметры обработки:  $S = 0,2$  мм/об,  $t = 1,5$  мм,  $V = 150...300$  м/мин.

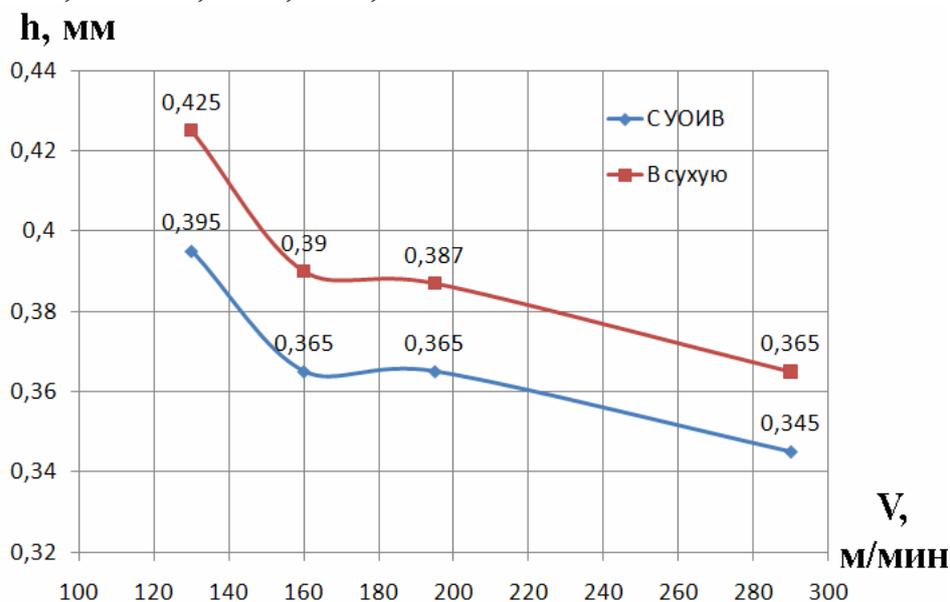


Рис. 3. Толщины стружек в зависимости от скорости резания при обработке с УОИВ и в сухую ( $S = 0,2$  мм/об,  $t = 1,5$  мм,  $V = 150...300$  м/мин.)

Полученные данные усадки стружки (рис.3) показали, что при обработке с ионизированным воздухом усадка стружки меньше во всём

диапазоне исследуемых скоростей от 130 до 290 м/мин (2,16...4,83 м/с). Износ инструмента при обработке в сухую активно начал развиваться при скорости 194 м/мин (3,23 м/с). После обработки с применением УОИВ на скорости 290 м/мин износ пластины по задней поверхности был минимальным.

Модернизация системы охлаждения металлообрабатывающего станка путем установки УОИВ актуальна и имеет большие перспективы:

Во-первых, происходит увеличение производительности или стойкости инструмента.

Во-вторых, обслуживание УОИВ в отличие от жидкостной системы охлаждения не требует системы фильтрации, не требует утилизации, конструктивно проще и несравнимо дешевле в эксплуатации.

В-третьих, низкая стоимость внедрения УОИВ и, как следствие, быстрая окупаемость.

В-четвёртых, оборудование эксплуатируется в лучших условиях, экологическая обстановка рабочего места улучшается, что в целом ведёт к поднятию уровня культуры производства.

УОИВ было успешно внедрено более чем на 25 предприятиях стран СНГ, получило хорошие отзывы и предложения к сотрудничеству.

### **Литература**

1. Возможности и перспективы применения газообразного охлаждения при обработке резанием, *А.С. Татаринов, В.Д. Петрова* / ISSN 0236-3941. Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. 1995. №4.
2. *Климочкин К.О., Есов В.Б.* Модернизация системы охлаждения металлорежущих станков с применением устройства охлаждения ионизированным воздухом. Студенческая весна 2009: «Машиностроительные технологии» - М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009.202с.

## УДК 621.9

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЛАЧКОВЫХ ОПРАВОК ФЛАНЦЕВЫХ ОДНОРЯДНЫХ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ЗАЖИМНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Климочкин Кузьма Олегович, Нистратов Михаил Юрьевич

Студенты 6 курса

Кафедра «Технологии обработки материалов»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.А. Шатилов

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»

Кулачковые оправки применяют для обработки зубчатых колес, толстостенных колец, гильз на зубообрабатывающих, токарных, круглошлифовальных и других металлорежущих станках. В качестве технологических баз используют отверстие и торец заготовки.

В настоящее время отсутствуют достоверные инженерные методики расчета и проектирования кулачковых оправок, а их ответственные параметры назначаются субъективно. Это снижает качество и надежность оправок. В предлагаемой работе основное внимание уделено автоматизированному расчету и проектированию кулачковых оправок фланцевых с пневматическим зажимом однорядных, которые применяются наиболее часто.

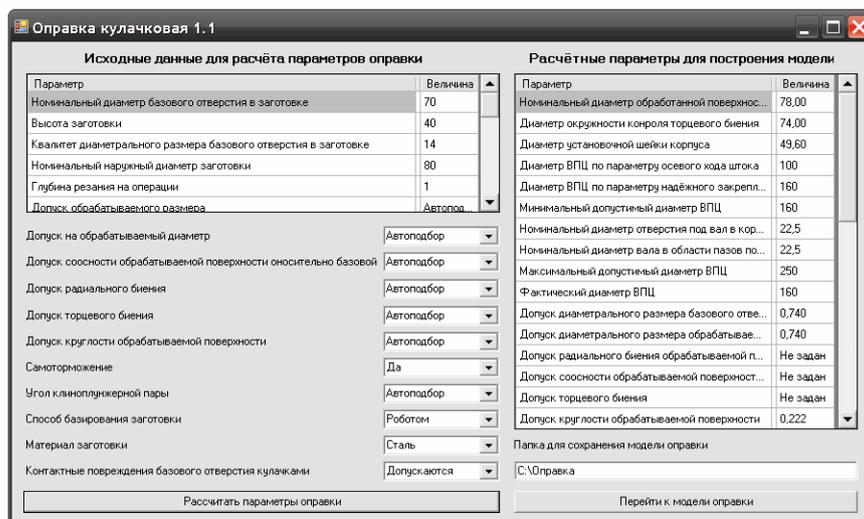


Рис. 1. Диалоговое окно программы для расчёта параметров

Разработанная система проектирования кулачковых оправок состоит из двух частей: автоматического расчета геометрических параметров проектируемой оправки по заданным требованиям и автоматическому построению модели проектируемой оправки по полученным геометрическим параметрам, что значительно сокращает время на проектирование оснастки.

Программа для расчёта параметров оправок (рис. 1) позволяет рассчитывать оправки с базовым отверстием от 18 до 120 мм и точностью обрабатываемой поверхности по 10 ... 18 квалитету.

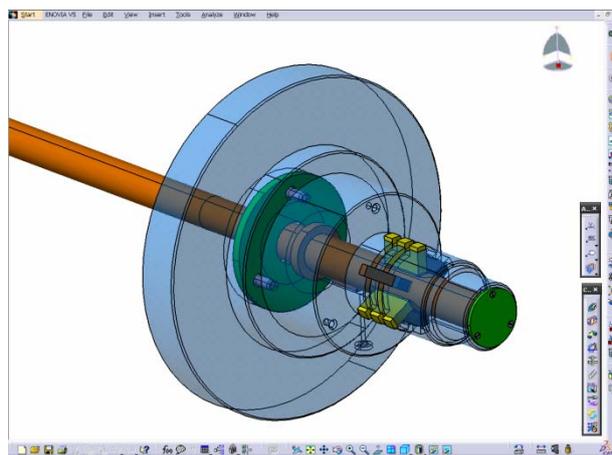


Рис. 2. Пример модели оправки в Catia V5

Для построения электронной модели использовали САПР Catia V5 R17, где была создана параметризованная модель оправки (рис. 2) и связанные с ней чертежи.

В разработанной системе большое внимание уделено той части оправки, где производится базирование и закрепление заготовки. Рассчитаны деформация заготовки и смятие базовой поверхности кулачками, учтено множество параметров влияющих на точность размеров и отклонения формы.

Оправка может быть применена на многих видах технологического оборудования (токарные, фрезерные, долбежные, шлифовальные и др. станки).

УДК 621.745.44

## ВЫБОР ФЛЮСА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ИЗ СТРУЖКИ

Якушина Екатерина Юрьевна

*Студент 5 курса*

*Кафедра «Технологии обработки материалов»*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный консультант доцент кафедры МТ 13 МГТУ им. Н.Э.Баумана, к.т.н.  
Козлов А.В.*

В последнее время всё больше уделяется внимания по использованию алюминиевой стружки в качестве основного шихтового материала при выплавке литейных сплавов. Увеличение доли алюминиевой стружки в шихте требует проведение подготовительных операций, например таких, как сортировку стружки по маркам, очистку от масел и СОЖ, отделение железистых составляющих и т.п., а для увеличения качества выхода алюминия из стружки необходимо иметь соответствующие технологии выплавки и флюс для рафинирования сплава. Атмосфера плавильной дуговой печи постоянного тока может содержать следующие газы:  $O_2$ ;  $H_2O$ ;  $N_2$ ;  $CO_2$ . Термодинамические расчёты показывают, что изменения энергии Гиббса имеют отрицательные значения для прямых реакций окисления алюминия газами  $O_2$  и парами  $H_2O$ , а также образование нитридов и карбидов алюминия. Карбиды алюминия могут образовываться благодаря графиту, выделившемуся по реакции  $2CO=C+CO_2$ . Образование нитридов алюминия возможно, если азот будет находиться в атомарном состоянии. Известно, что образовавшиеся окислы  $Al_2O_3$ , нитриды  $AlN$  и карбиды  $Al_4C_3$  снижают пластичность и прочность алюминиевых сплавов. Для уменьшения их влияния на качество сплава необходимо модифицировать и раскислять получаемый расплав. Для защиты жидкого металла от атмосферы окружающей среды применяют различные покровные флюсы. В качестве покровных флюсов используют хлориды и фториды ( $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $NaF$ ,  $Na_2SiF_6$  и др.). Использование хлоридов при плавке алюминиевого сплава из стружки способствует увеличению выхода алюминия. За счёт образования хлоридов алюминия при взаимодействии с окислом алюминия, и затем их распад на высокодисперсный алюминий.

Термодинамический анализ показывает, что возможны потери алюминия за счёт окисления алюминия с образованием  $Al_2O_3$  и с другой стороны образованием летучих компонентов и хлорида алюминия. В тоже время хлор как наиболее активный элемент образует хлориды алюминия.

Если провести термодинамический анализ реакций образования соединений с фтористыми солями, то можно ожидать получения таких же результатов.

Таким образом, с помощью термодинамического анализа установлено, что флюс должен состоять из хлористых и фтористых солей для обеспечения максимального выхода алюминия из стружки.

Экспериментальные исследования по выбору флюса проводили в лабораторных условиях. Переплавление стружки осуществляли в печи СНОЛ.

В качестве флюса использовали смесь  $\text{NaCl}+\text{KCl}$  с 5% добавлением фторидов.

Исследования показали, что наименьший выход сплава из стружки наблюдается при использовании флюса  $\text{NaCl}+\text{KCl}$  без добавок. При добавке к этому составу 5% фтористого соединения  $\text{Mg}$  процент выхода годного сплава увеличивается до 92%.

Параллельно экспериментальным исследованиям были проведены независимые аналитические исследования влияния различных факторов плавки на металлургический выход алюминиевого сплава из стружки при полнофакторном эксперименте, которые подтвердили полученные в эксперименте данные.

По результатам исследования можно рекомендовать для получения наибольшего металлургического выхода алюминиевого сплава из стружки флюс в виде смеси хлористых и фтористых солей.