

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АДМИНИСТРАЦИЯ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

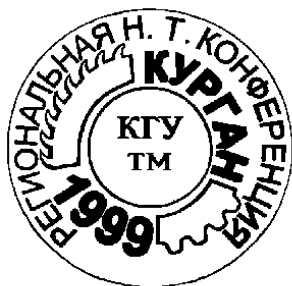
КУРГАНСКИЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Информационные материалы
региональной научно-технической конференции, посвящённой
100-летию машиностроения Зауралья и 30-летию кафедры
“Технология машиностроения” КГУ

28 сентября -1 октября 1999 г.



Курган 1999

УДК 621.7/9.002

П-42

Повышение эффективности технологических процессов изготовления деталей машин: Сборник информационных материалов региональной научно-технической конференции. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999.- 115с.

В сборник включены материалы, отражающие научные и практические результаты в области разработки современных технологических процессов изготовления деталей машин, автоматизации производственных процессов и повышения качества промышленной продукции.

Материалы предназначены для ИТР промышленных предприятий, студентов и аспирантов.

Оргкомитет выражает благодарность Департаменту государственного имущества, промышленной политики и потребительского рынка Курганской области и "ОАО Зауральские напитки" за помощь и поддержку в организации и проведении конференции.

Редакционная коллегия: В.Н. Орлов, к.т.н., профессор (отв. редактор); А.В. Захаров, к.т.н., доцент; В.В. Марфицын, ст. преподаватель; Ю.И. Моисеев, к.т.н., профессор; Г.П. Мосталыгин, к.т.н., профессор.

ISBN 5-86328-227-4

© Курганский
государственный
университет, 1999

КАФЕДРЕ “ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ” – 30 ЛЕТ

*В.Н. Орлов, Г.П. Мосталыгин
Курганский государственный университет*

Курганский государственный университет (КГУ) был создан в конце 1995 года на базе Курганских машиностроительного и государственного педагогического институтов в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 30 сентября 1995 г за № 990.

Первый учебный год в Курганском машиностроительном институте (КМИ) начался в сентябре 1960 года. В самом начале были определены все формы обучения – дневная, вечерняя и заочная. Первоначально предусматривалась подготовка инженеров по трем специальностям, в том числе и по специальности 0501 – “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты” (ТМСИ).

В 1962 году была организована выпускающая кафедра по этой специальности, которую возглавил доцент, кандидат технических наук Розенберг Ю.А. (ныне профессор, доктор технических наук, Заслуженный работник высшей школы России).

Первый выпуск инженеров в КМИ был небольшим: инженерами-механиками стали 86 вечерников и заочников, в том числе 72 выпускника – по специальности ТМСИ. В 1964 году из 116 первых выпускников дневного факультета – 57 получили дипломы инженера по этой специальности.

В 1969 году кафедра ТМСИ разделилась на две – “Технология машиностроения” (ТМ) (заведующим кафедрой стал доцент, кандидат технических наук Мосталыгин Г.П.) и “Автоматизация, металлорежущие станки и инструменты”, руководство которой было поручено Розенбергу Ю.А.

В 1975 году на базе предметной комиссии кафедры ТМ была организована кафедра “Охрана труда”. В настоящее время эта кафедра реорганизована в выпускающую и получила название “Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды” (БЖД и ЗОС).

За 30 летний период существования кафедры технологии машиностроения ее коллектив проделал большую работу по совершенствованию учебного процесса, организационно-методической, научной и воспитательной деятельности. Достаточно отметить, что за период с 1990 года было издано 11 учебных пособий, общим объемом 50 печатных листов. В 1990 году издательством “Машиностроение” выпущен учебник “Технология машиностроения” для студентов инженерно-экономических специальностей, авторами которого являлись преподаватели кафедры профессора Г.П. Мосталыгин и Н.Н.Толмачевский.

Все виды индивидуальной работы студентов (дипломные и курсовые проекты, работы, лабораторные занятия) обеспечены методическими

указаниями, которые периодически пересматриваются. Следует отметить, что кафедра осуществляет учебный процесс подготовки инженеров различных специальностей. Всего за кафедрой ТМ закреплено более 40 дисциплин.

Лаборатории кафедры оснащены современными приборами, оборудованием, вычислительной техникой, которые позволяют проводить лабораторные и практические занятия на высоком уровне. К автоматизированному высокопроизводительному оборудованию можно отнести многоцелевой фрезерно-сверлильно-расточной станок ОЦФ-1, токарный роботизированный комплекс, станок с ЧПУ, промышленные роботы. На кафедре действует дисплейный класс, оснащенный самыми современными компьютерами и оргтехникой.

Наряду с подготовкой инженерных кадров, коллектив кафедры ТМ принимает активное участие в выполнении научно-исследовательских работ по госбюджетной и хоздоговорной тематике. В рамках кафедры действует малое предприятие "Технолог", основная задача которого заключается в разработке научных тем по заданию промышленных предприятий. Например, в 1998 году для ОАО "Курганмашзавод" выполнялась научно-исследовательская работа по теме "Оперативная оценка трудоемкости деталей на стадии конструкторской подготовки производства", общим объемом 95 тыс. рублей.

В 1991 году в Кургане была проведена Республиканская научно-техническая конференция "Совершенствование технологических процессов изготовления деталей машин». На конференции было заслушано и обсуждено 138 докладов. Организационным ядром этой конференции была кафедра технологии машиностроения.

В 1993, 1994, 1995 и 1997 годах под редакцией профессора Г.П. Мосталыгина были изданы сборники научных трудов, общим объемом около 23-х печатных листов, в которых отражены результаты выполненных научно-исследовательских работ сотрудниками кафедры. Тематика этих сборников соответствует направлению научных исследований, выполняемых на кафедре:

1. Совершенствование технологических процессов изготовления деталей машин (1993 год).
2. Повышение эффективности технологических процессов изготовления деталей машин (1994 год).
3. Повышение качества и производительности деталей машин (1995 год).
4. Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин по заданным показателям качества с использованием САПР (1997 год).

На кафедре ТМ действует аспирантура, в которой осуществляется

подготовка кандидатов технических наук по специальности 05.02.08 – “Технология машиностроения”. Высокая квалификация профессорско-преподавательского состава КМИ позволила в 1980 году открыть специализированный совет по защитах кандидатских диссертаций по двум специальностям: 05.02.08 – “Технология машиностроения” и 05.02.02 – “Машиноведение и детали машин”. Специализированный совет возглавляли профессор Мосталыгин Г.П. (1980-1991 годы) и профессор Ерихов М.Л. (1991-1997 годы). В марте 1997 года ВАК России своим решением, упразднив названный выше совет, открыл в КГУ два диссертационных совета:

1. Совет по защитах кандидатских диссертаций по специальности 05.02.08 – “Технология машиностроения” (председатель – доктор технических наук, профессор Пономарев В.П.).

2. Совет по защитах докторских диссертаций по специальностям 05.02.02 – “Машиноведение и детали машин” и 05.05.03 – “Колесные и гусеничные машины” (председатель – доктор технических наук, профессор Терехов А.С.).

За период самостоятельной деятельности Курганский машиностроительный институт подготовил свыше 18300 инженеров, четвертую часть которых составили выпускники технологических специальностей.

И в составе Курганского государственного университета кафедра технологии машиностроения продолжает подготовку инженерных кадров для промышленных предприятий.

В 1997 году по инициативе кафедры в КГУ была открыта подготовка инженеров по специальности 072000 – “Стандартизация и сертификация” (в машиностроении). В настоящее время коллектив кафедры занимается созданием учебно-методических разработок и материально-технической базы, необходимых для проведения учебных занятий со студентами этой специальности.

Кафедра ТМ обладает мощным кадровым потенциалом. Из 14 преподавателей 12 имеют ученые степени и звания. Большой вклад в деятельность кафедры вносят заслуженный машиностроитель Российской Федерации, действительный член Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Почетный работник высшего профессионального образования России, профессор Г.П. Мосталыгин, Заслуженный машиностроитель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор В.П. Пономарев, Заслуженный машиностроитель Российской Федерации, профессор Толмачевский Н.Н., профессор Ю.И. Моисеев, доценты П.А.Гудков, М.В. Давыдова, А.П. Доможиров, А.В. Захаров, А.Г. Мосталыгин, А.М. Нежинский, Ф.Н. Салахов, старший преподаватель В.В. Марфицын, ассистент П.А. Баитов, аспиранты и учебно-вспомогательный состав. В разные годы кафедрой руководили Г.П. Мос-

талыгин, Я.А. Симахин, Н.Н.Толмачевский, В.Н. Орлов.

Подводя итоги, можно отметить, что за 30 лет существования кафедры “Технология машиностроения” сделано достаточно много для подготовки инженеров различных машиностроительных специальностей, научных работников высшей квалификации, для повышения эффективности функционирования вуза в целом.

О СТАНОВЛЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ НА КАФЕДРЕ Т М С И

Ю.А. Розенберг

Курганский государственный университет

Кафедра “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты” (ТМСИ) была организована в 1962 г. До этого работала предметная комиссия в составе четырех преподавателей. Уже в первый год работы кафедры ее штат должен был составлять 12 преподавателей и с каждым годом он увеличивался. В 1963 г. был осуществлен первый выпуск инженеров по заочному и вечернему факультетам, а с 1964 г. начались выпуски инженеров по дневному факультету. Первоначально штат кафедры формировался за счет выпускников других вузов и молодых инженеров с заводов г. Кургана, а затем на кафедру пришли собственные выпускники. Основное отличие преподавателя вуза от преподавателей других учебных заведений заключается в том, что он, наряду с учебной работой, должен заниматься научными исследованиями. Поэтому, создавая кафедру, сразу же была поставлена задача по организации научно-исследовательской работы. При этом решались сразу несколько задач: создание соответствующей материальной базы, поиск тематики научных исследований, решение вопросов, связанных с предполагаемым внедрением результатов научных исследований на промышленных предприятиях г. Кургана и других городов страны (заключение хозяйственных работ).

При создании материальной базы большую помощь оказало Министерство высшего образования РСФСР выделением средств и созданием возможностей приобретения металлорежущих станков, измерительной техники и др. Было приобретено оборудования на значительные суммы (около одного миллиона рублей). Часть оборудования кафедра получила безвозмездно с заводов г. Кургана. Отдельные приборы конструировались и изготавливались собственными силами кафедры. Так была создана оригинальная конструкция токарного динамометра, который ис-

пользовался в учебной и научной работе не только на самой кафедре, но и изготовлялся и поставлялся во многие вузы и научно-исследовательские институты страны (Киев, Москва, Омск, Красноярск и т.д.). Были также сконструированы и изготовлены фрезерные, сверлильные и другие динамометры, различные измерительные приборы и т.п.

Научная тематика формировалась с учетом наличия на кафедре научных руководителей и запросами и предложениями промышленных предприятий и научно-исследовательских учреждений. При этом сложились два основных направления: теория резания и металлорежущий инструмент (научный руководитель доцент, кандидат технических наук Ю.А. Розенберг) /1/; технология машиностроения (научные руководители доценты, кандидаты технических наук В.П. Пономарев, Г.П. Мосталыгин) /2/.

В 1-ом направлении разрабатывались следующие темы:

1) Исследование вопросов механики процесса резания (исполнители: старший преподаватель С.И. Тахман, аспиранты А.Н. Зелинский, А.К. Назаров, Г.М. Батарчук, Б.Г. Рябов). В результате выполнения работ по этой теме были разработаны теория образования элементной стружки при резании сталей и сплавов, методы определения сил резания при фрезеровании, методы подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ при контурной обработке (результаты внедрены в отраслях авиационной и оборонной промышленности), ускоренные методы определения обрабатываемости металлов резанием и др.

2) Исследование обрабатываемости резанием труднообрабатываемых металлов и, в частности, маломагнитных сплавов (исполнители: старший преподаватель А.И. Филиппов, аспиранты А.М. Гениатулин, А.З. Волынчик). В результате выполнения этих работ были разработаны рекомендации по обработке этих металлов, созданы новые конструкции резьбообрабатывающего инструмента (бесканавочные метчики, метчики-протяжки). Данные работы выполнялись по заданию Министерства судостроительной промышленности СССР, что в дальнейшем позволило открыть при кафедре единственную в институте отраслевую лабораторию этого министерства.

3) Улучшение обрабатываемости материалов резанием за счет их микролегирования легкоплавкими добавками (исполнители: аспиранты Л.М. Сединкин, В.Н. Иванов). Работа выполнялась совместно с Челябинским НИИМом (кандидат технических наук Я.Е. Гольдштейн и инженер А.Я. Заславский). Оригинальное исследование, позволившее определить оптимальные варианты микролегирования труднообрабатываемых металлов селеном, теллуrom, свинцом, висмутом и др. Были определены варианты микролегирования быстрорежущих сталей, за счет чего повышались их эксплуатационные свойства. Результаты данной работы способствовали Челябинскому металлургическому комбинату обеспечить

ВАЗ свинецсодержащими сталями.

Помимо вышеназванных работ в 1-ом направлении проводились исследования влияния на процесс резания высоконапорного охлаждения (исполнитель: старший преподаватель Ю.Г. Столяров), дискретного резания (исполнитель: аспирант И.П. Смирнов) и др.

Во 2-ом направлении исследования велись по теме “Комплексное управление качеством изготовления деталей машин”. При этом решались вопросы технологической точности зубчатых колес (исполнители: и.о. доцента В.А. Мурзин, Н.Н.Толмачевский, ассистент А.В. Уваров, аспиранты А.П. Штин, В.Ф. Кузенков, В.В. Чебыкин, инженеры А.П. Куль, А.С. Батов, И.У. Дружинин) и вопросы качества рабочих поверхностей зубьев шестерен при накатывании (исполнители: аспиранты В.М. Янко, А.И. Семакин). В этих работах были установлены влияния размеров и формы деталей на характер и величину погрешностей при химико-термической обработке, зависимости упрочнения профилей зубьев от различных факторов и др. Результаты работ были внедрены на заводах: Уральский вагонзавод, Курганский завод “Уральсельмаш”, Курганский завод колесных тягачей, Шадринский завод “Полиграфмаш”.

По результатам вышеназванных научных исследований преподавателями кафедры ТМСИ были опубликованы десятки научных работ в центральной и местной печати, изданы три монографии, получено несколько авторских свидетельств на изобретения.

Большое внимание на кафедре уделялось выполнению хозяйственных работ по заказам промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов. Кафедра выполняла самый большой в институте объем таких работ, который достигал 200 и более тысяч рублей в год.

С 1964 г. при кафедре была открыта аспирантура. Первые защиты кандидатских диссертаций состоялись в 1967 г. Большинство из вышеперечисленных исполнителей стали кандидатами технических наук. Широко также использовалась целевая аспирантура при московских вузах.

К 1969 г. коллектив кафедры ТМСИ составлял более 40 человек. С помощью Курганского машиностроительного завода для кафедры был построен новый корпус. В строительстве этого корпуса активное участие принимали преподаватели и сотрудники кафедры. Кафедра получила замечательные помещения для учебных и научных лабораторий. На кафедре была открыта подготовка инженеров по новой специальности “Автоматизация и комплексная механизация машиностроения”.

Все это способствовало созданию на базе кафедры ТМСИ двух новых полноценных кафедр: “Технология машиностроения” и “Автоматизация и комплексная механизация машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Резание металлов и технологическая точность деталей в машиностроении (часть I) / Под ред. Ю.А. Розенберга и В.П. Пономарева. - Курган: изд. Курганского машиностр. ин-та, 1968. - 235 с.: ил.*
2. *Резание металлов и технологическая точность деталей в машиностроении (часть II) / Под ред. Ю.А. Розенберга и В.П. Пономарева. - Курган: изд. Курганского машиностр. ин-та, 1968. - 107 с.: ил.*

БАЛАКШИНЫ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

В.А. Бубнов

Курганский государственный университет

Машиностроение - это наиболее развитая отрасль промышленности Курганской области конца XX века. В области насчитывается более 25 крупных машиностроительных предприятий. Они во многом определяют экономику области, тех городов и поселков, где они находятся.

Машиностроение, и именно оно, сделало Курган современным промышленным городом, вызвало развитие в нем стройиндустрии, энергетики, активное жилищное строительство. В городе открылись машиностроительный институт, машиностроительный и строительный техникумы, появилось большое количество профессиональных училищ по машиностроительным профессиям. Аналогичное воздействие машиностроение оказало на развитие городов: Шадринска, Катайска, Шумихи, Далматово, Петухово, Щучье, р.п. Варгаши. Машиностроительные предприятия способствовали притоку квалифицированных кадров в Зауралье из различных регионов Советского Союза, особенно молодых специалистов, многие из которых в дальнейшем стали известными организаторами производства, специалистами и учеными. Продукция машиностроительных предприятий Зауралья стала широко известной по всей нашей стране, известна она и во многих странах мира.

В 2000 году машиностроение Зауралья будет отмечать свой вековой юбилей. А все начиналось с Балакшиных и Логовушки около Кургана. Машиностроение Зауралья начиналось с организации в 1900 году небольшой механической мастерской в д. Логовушка Курганского уезда при крахмало-паточном заводе А.П. Ванюкова и А.Н. Балакшина. Организатором этой мастерской стал сын А.Н. Балакшина - Сергей Александрович Балакшин, закончивший в 1899 году Шарлоттенбургский политехнический институт в Берлине. Эта механическая мастерская в Логовушке впоследствии даст жизнь двум курганским заводам: Курганскому заводу сельскохозяйственного машиностроения (АО "Кургансельмаш") и Курган-

скому заводу колесных тягачей (ныне АО «Русич»).

Наша публикация ставит цель - проследить за появлением машиностроения в Зауралье, его развитием и становлением. Вспомнить и с благодарностью отметить труд четырех поколений Балакшиных, много сделавших для развития Сибири и нашего края, великих патриотов своей Родины и великих тружеников. Следует отметить их вклад в развитие машиностроения и технологической науки. Особо следует отметить Сергея Александровича Балакшина, стоявшего у истоков машиностроения Сибири и Зауралья.

С.А. Балакшин родился 22 апреля 1877 года в д. Логовушка Курганского уезда Тобольской губернии. Сережа рос любознательным мальчиком и с ранних лет интересовался техникой: сооружал на ручьях водяные мельницы, применяя в качестве двигателя деревянные или жестяные колеса с лопастями замысловатой формы, изучал их вращение. Он любил бывать на мельнице, где часами следил за работой механизмов. Отец, наблюдая с каким вниманием Сергей изучает технику, решил, что из него выйдет хороший специалист и что ему необходимо получить высшее образование. Отец настоял на том, чтобы сын поехал учиться в Германию. В 1895 году Сергей Балакшин окончил Омское техническое училище и вскоре поступил в Шарлоттенбургский политехнический институт. В Берлине Сергей не чувствовал себя недоучкой. У него была хорошая практическая и теоретическая подготовка, кроме того, юноша неплохо владел немецким языком. Все это позволило ему успешно учиться в институте под руководством опытных профессоров.

В конце 1899 года С.А. Балакшин с дипломом инженера-механика вернулся на Родину. «По возвращении из Германии он получил ряд заманчивых предложений, в частности, был приглашен на один из казенных заводов Киева в качестве главного инженера. Но Сергей отказался от этого предложения. Основной причиной отказа послужило его стремление осуществить главную задачу своей жизни - создание и развитие машиностроения в Сибири. И он уезжает в родной край, чтобы начать нелегкий путь первопроходца в производстве водяных турбин и ряда сельскохозяйственных изделий» - так написал А.С. Балакшин о своем отце уже в 80-х годах нашего столетия.

На базе животноводства в Сибири было развито маслоделие. Масло поставлялось не только на местные рынки и в европейскую часть России, но и экспортировалось за границу. Уже в 1890 г. Сибирь экспортировала около 1 млн. пудов масла. Центрами маслоделия в Сибири были Омск и Курган. Для оснащения маслодельных заводов требовалось большое количество разнообразного оборудования - ручные и приводные маслобойки, отжимные столы, сепараторы, фляги, молоковесы, конные приводы и т.п. В России такое оборудование не изготовлялось, а закупалось за границей.

лось за границей. Более того, в начале двадцатого века в Сибири не было даже механических заводов и все работы велись в мелких кустарных мастерских, а также в кузницах и железнодорожных депо. Эти маломощные предприятия ощущали нехватку рабочих рук и специалистов по машиностроению.

С.А. Балакшин в механической мастерской в Логовушке быстро налажил изготовление оборудования для маслодельных заводов: ручных и приводных маслобоек, конных приводов, отжимных столов, фляг, молоковесов и других изделий. Несмотря на примитивные условия производства, оборудование, выпускаемое мастерской, было хорошо сконструировано и отличалось неплохим качеством. Оно быстро завоевало популярность не только в Курганском уезде, но и далеко за его пределами.

Изготовление оборудования для маслодельных заводов С.А. Балакшин рассматривал как промежуточный этап, как подготовку к выпуску более сложной и необходимой для Сибири продукции, позволяющей использовать большие сибирские водно-энергетические ресурсы. Он хорошо понимал, что деревянные мельничные колеса, применявшиеся в качестве двигателя на многочисленных сельских мельницах, должны быть заменены гидротурбинами. Одновременно С.А. Балакшин предвидел и то, что наряду с малыми гидротурбинами для мельниц со временем будут нужны более мощные гидротурбины для будущих гидроэлектростанций на Енисее, Ангаре, Амуре, Оби и других сибирских реках.

Удаленность мастерской от Кургана создавала большие трудности при доставке материалов и отправке готовой продукции. Все это побудило С.А. Балакшина перевести мастерскую из Логовушки в Курган.

С января 1904 года в Кургане на территории, ныне занятой областной больницей, начал действовать машиностроительный завод инженера С.А. Балакшина, который вначале выпускал оборудование для маслодельных заводов. Но С.А. Балакшин неустанно думал об организации производства гидротурбин. Он изучал известные конструкции гидротурбин, проводил проектно-конструкторские и опытные работы. Первая гидротурбина на Курганском заводе по чертежам С.А. Балакшина была изготовлена в 1905 году. Ее назвали "Богатырь-быстроход". Она была установлена в Кокчетавском уезде (Казахстан). Вторая гидротурбина устанавливается на реке Куртамыш Курганского уезда, а затем начинается победное шествие гидротурбин Балакшина по Сибири, Уралу, Европейской части России, Средней Азии и Казахстану. Свои турбины Сергей Александрович экспонировал на российских и международных выставках. В Марселе в 1908 г. гидротурбине конструкции инженера Балакшина был присужден приз "Гран-при" и золотая медаль, а через некоторое время была получена медаль на выставке в Швеции, в Стокгольме.

Гидротурбины и другие изделия завода получали награды и на отече-

ственных выставках. Так, на первой Всероссийской мукомольной выставке (Петербург) в 1909 г. заводу Балакшина присуждена золотая и серебряная медали. Большая золотая медаль была вручена Курганскому турбиностроительному заводу в 1911 году на Западно-Сибирской выставке в Омске и там же в 1913 году - бронзовая медаль Министерства Финансов России.

С.А. Балакшин одним из первых в России поднял вопрос о необходимости стандартизации в машиностроении. По этому вопросу он выступал со статьей в 1904 году. Сергей Александрович понял и поднимал вопрос о необходимости организации массового производства крепежных деталей.

В годы первой мировой войны 1914-1917 годов Курганский турбиностроительный выполнял оборонные заказы: выпускал мины для фронта.

После национализации завода в 1918 году С.А. Балакшин переезжает с семьей в Томск и работает в Томском технологическом институте. Здесь он занимается проблемами гидроэнергетики Сибири, публикует ряд научных работ по гидроэнергетике, выступает с докладами, возглавляет Сибисполвод. В институте доцент С.А. Балакшин читает курс "Гидравлические установки". Далее он становится профессором кафедры технологии и механики мукомольного производства и вносит значительный вклад в развитие мукомольного дела. С Курганским турбиностроительным заводом связи Сергей Александрович не порывал. Умер С.А. Балакшин в 1933 году в Томске в возрасте 56 лет.

В 1927 году турбиностроительный перемещается на новую производственную площадку на берегу Тобола, где сейчас размещается завод "Кургансельмаш". Турбины завод выпускал до 1931 года, после чего был перепрофилирован на выпуск сельхозмашин.

Весомый вклад в развитие машиностроения и технологической науки внес старший сын С.А. Балакшина - Борис Сергеевич Балакшин (1900 - 1974 гг.). Он активный участник создания советской станкостроительной промышленности, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, почетный доктор Дрезденского политехнического университета, лауреат Ленинской премии 1972 года, длительное время был заведующим кафедрой технологии машиностроения Московского станкоинструментального института. Начало трудовой деятельности Бориса Сергеевича Балакшина связано с заводом в Кургане. Именно здесь он получил хорошее представление обо всех рабочих профессиях, поработав в литейном и механическом цехах, получив знания по сборке машин. Впоследствии это сыграло свою роль в формировании его как инженера и ученого. Б.С. Балакшин стал одним из основателей отечественной школы технологии машиностроения, автором всемирно известной теории размерных цепей. Им написано 26 книг и учебников,

многие из которых переведены на английский, немецкий и другие языки. Студенческие годы Борис Сергеевич провел в Томске, окончил Томский технологический институт в 1924 году.

Другой сын С.А. Балакшина, Александр Сергеевич (1905-1985 г.г.) - радиоинженер, автор ряда прогрессивных радиоприборов. Он внес большой вклад в дело внедрения радиотехники в кинопромышленность, за конструкцию радиоприемника "Волна" награжден золотой медалью на Всемирной выставке в Брюсселе в 1958 г. Известны его работы по электровакуумным приборам и по усилительным устройствам звукового кино. О себе он писал: "Первые трудовые навыки я получил на Курганском турбинном заводе в детстве. Эти навыки и интерес к технике помогли мне успешно работать в течение всей моей жизни". Александр Сергеевич - автор книги о жизни и деятельности С.А. Балакшина "Сергей Александрович Балакшин 1877 - 1933". Александр Балакшин окончил Томский технологический институт.

Дочь Евгения Сергеевна (1902 -1991) - архитектор, доцент. Она участвовала в проектировании строек первых пятилеток на Урале и ряда объектов в Москве. После смерти брата Александра Сергеевича дописывала книгу о жизни и деятельности отца.

Вторая дочь, Маргарита Сергеевна (1903-1996), - врач, кандидат медицинских наук. Успешно работала в медицинских учреждениях Новосибирска, Томска, Московской области и Москвы.

Отношение к развитию отечественной науки имеют и внуки Сергея Александровича Балакшина - это уже пятое поколение Балакшиных. Отметим только некоторых из них.

Александр Борисович Балакшин (сын Бориса Сергеевича) - ветеран Великой Отечественной войны, полковник в отставке, преподаватель артиллерийской академии в Пензе.

Олег Борисович Балакшин (второй сын Бориса Сергеевича) - доктор технических наук, занимается проблемами биомеханики, автор нескольких книг, начальник отдела в АН РФ.

Михайлов Игорь Алексеевич (сын Маргариты Сергеевны) - геолог, кандидат геологических наук. Проводил геологические изыскания на Алтае, в Китае, Сирии, Египте, Марокко.

Карташова Кира Константиновна (дочь Евгении Сергеевны) - доктор архитектуры, профессор МАРХИ, действительный член Международной академии информатизации, член Союза Архитекторов РФ и Географического общества при АН РФ, председатель градостроительной комиссии Моссовета.

В настоящее время в Курганском государственном университете при участии Департамента государственного имущества, промышленной политики и потребительского рынка Курганской области ведутся работы по

сбору и подготовке материалов о развитии машиностроения в Зауралье, где значительное внимание и место отводится роли Балакшиных в развитии этой отрасли в нашей области и Сибири.

РОЛЬ СИСТЕМ КАЧЕСТВА В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

*Д.Г. Ухов
Курганский центр стандартизации,
метрологии и сертификации*

В соответствии с международным стандартом ИСО 8402:1994 “Управление качеством и обеспечение качества – Словарь”, система качества это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.

Проблема обеспечения качеством была и остается во всем мире одной из самых сложных задач, с которой приходится сталкиваться при производстве продукции и предоставлении услуг. Созданная в 1947 году Международная организация по стандартизации (ИСО), которая в год своего пятидесятилетия (1997г.) насчитывала в своем составе более 120 членов, была призвана решить эти задачи. Целью этой крупнейшей неправительственной организации является содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи. Технический комитет этой организации, который в настоящее время имеет обозначение ИСО/ТК176 и называется “Менеджмент качества и обеспечение качества”, разработал и ввел в действие в 1987 году международные стандарты (МС) ИСО серии 9000 под общим заголовком “Системы качества”: 9000, 9001, 9002, 9003. Во многих странах мира МС ИСО серии 9000 были приняты как национальные стандарты.

Стремительное распространение МС ИСО серии 9000 и сертификация систем качества (СК) на соответствие им – одно из свидетельств борьбы за качество за последние 10 лет. Что принесли эти нормы в промышленность и деловой мир? Во-первых, это самые популярные МС, имеющие высокий рейтинг. Во-вторых, на основе этих МС создан всемирный эталон качества. В-третьих, эталон универсален и может быть использован в разных секторах экономики и промышленности. К настоящему времени по моделям МС ИСО 9001, ИСО9002, или ИСО 9003 в мире сертифицировано около 300 тыс. СК различных организаций. Согласно ISO Press Release число сертифицированных СК ежемесячно увеличивается на 2,5-3,0 тыс.

МС ИСО серии 9000 не являются обязательными к применению. Каждая страна вправе сама выбирать необходимость их использования. Однако добровольность этих стандартов весьма относительна. Мировой рынок в настоящее время организован так, что выход на него с продукцией, не отвечающей требованиям МС практически закрыт. Предприятиям, не сертифицировавшим свою СК на соответствие ИСО 9000, выход на международный рынок экономически развитых стран закрыт уже сейчас.

В России история создания СК восходит ко времени бывшего СССР. В 1955 году в Саратове разрабатывается, внедряется и действует система бездекретного изготовления продукции (БИП), в 1958 году в Горьком – система КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс с первого изделия), в 1962 году в Ярославле – система НОРМ (научная организация работ по увеличению моторесурса). В 1967 году во Львове – система бездекретного труда (СБТ) и, наконец, в 1972 году в СССР принимается решение о внедрении на предприятиях военно-промышленного комплекса и машиностроения комплексных систем управления качеством продукции (КС УКП). Однако стратегического успеха в повышении качества продукции достигнуто не было, так как даже КС УКП не была комплексной. Например, в ней не были обозначены:

1. Ответственность руководства
2. Маркетинг
3. Аудит качества
4. Анализ и оценка затрат на качество.

Также сыграло немалую роль и то обстоятельство, что для предприятий производителей продукции приоритетными были все-таки валовые показатели.

Учитывая прогрессивный характер МС ИСО серии 9000, Госстандартом СССР было принято решение о принятии их в качестве национальных с января 1989 года и присвоении обозначения ГОСТ 40.9001, ГОСТ 40.9002, ГОСТ 40.9003. В 1996 году МС ИСО серии 9000 приняты в России в виде соответственно ГОСТ Р ИСО 9001-96, ГОСТ Р ИСО 9002-96 и ГОСТ Р ИСО 9003-96. Исходя из того, что по мере рыночного реформирования экономики России и её интеграции в мировую экономику сертификация СК становится все более актуальной для российских предприятий, Госстандарт России в 1995 году принял программу развития работ по сертификации СК в Российской Федерации. В соответствии с ней была разработана и зарегистрирована в Государственном Реестре Система сертификации систем качества, краткое название которой Регистр систем качества (далее Регистр). В настоящее время организационно-практическая деятельность в рамках Регистра обеспечивается Государственными стандартами России серии 40.000.

В России в настоящее время отсутствуют достаточные условия, ко-

торые бы стимулировали деятельность предприятий и организаций по разработке СК и их сертификации. С одной стороны, основной причиной пассивности является тяжелое финансовое положение. А с другой стороны, существует очевидное обстоятельство - отношение к разработке и внедрению СК и ее сертификации, как к непоправимому расходованию ресурсов в условиях острого кризиса. Отсутствует широкое понимание СК как инструмента снижения себестоимости продукции и услуг и как условия сохранения, а при удаче – расширения рыночной ниши. Влияет на ситуацию и слишком формальный подход к получению сертификата. Мысль о том, что “справка о состоянии здоровья важнее самого здоровья”, при всей своей абсурдности остается весьма распространенной. Это порождает стремление скорее к сертификации систем документации, чем собственно СК. Такой подход действительно оказывается затратным, причем без надежды на возврат затраченных средств и времени. Это путь в тупик.

Разработкой и внедрением СК на соответствие МС ИСО серии 9000 занимаются в настоящее время в основном предприятия, которые экспортируют или собираются экспортировать свою продукцию, а также предприятия, которые ставят перед собой цель выжить в настоящих условиях и завоевать Российский рынок за счет высокого качества выпускаемой продукции и ее конкурентоспособности. Необходимо отметить, что эти предприятия в последнее время в соответствии с требованиями СК проводят анализ и оценку субподрядчиков, поставщиков и отдают предпочтение тем у кого имеется сертифицированная СК.

Принципиально важное значение для развития в России СК и их сертификации имеет принятое Правительством РФ Постановление от 2 февраля 1998 года № 113 “О некоторых мерах, направленных на совершенствование систем обеспечения качества продукции и услуг”. Этот документ сыграл своего рода роль ускорителя вялотекущего процесса освоения в России МС ИСО серии 9000, разработок СК и их сертификации.

Достаточно сказать, что за последний год число предприятий, получивших сертификаты на СК удвоилось (в настоящее время более 200), хотя в абсолютных цифрах это не идет ни в какое сравнение с тем, что происходит в большинстве промышленно развитых стран (Например, в Германии порядка 20000). Особое значение этого Постановления еще и в том, что в соответствии с ним внесены существенные изменения в порядок размещения государственных заказов для Федеральных нужд. Предпочтение отдается теперь предприятиям, имеющим СК сертифицированную на соответствие требованиям МС ИСО серии 9000. А это значит, что появился экономический рычаг, с помощью которого государство может стимулировать усилия предприятий в области внедрения СК. Это только первые шаги. А так как качество- категория стратегическая, то

необходима целостная государственная программа, предусматривающая комплекс всесторонних мер по поддержке отечественного производителя, активно решающего проблему качества.

В настоящее время на российских предприятиях в большинстве случаев на доработку и внедрение СК, отвечающим требованиям МС ИСО серии 9000, тратится более 3-х лет. Очень сложно приходится предприятиям, где в свое время не была внедрена вообще или внедрена формально КС УКП. Другим негативным моментом является то, что на многих предприятиях инициатива разработки и внедрения СК идет снизу, когда приходится убеждать руководство предприятия в необходимости наличия СК отвечающей требованиям МС ИСО серии 9000. Очень часто руководство предприятия принимает решение о разработке СК без проведения обучения или недостаточного обучения персонала. Негативную роль играет и отсутствие квалифицированного персонала, а также отсутствие достаточного финансирования на все эти цели. Однако, тем не менее многие руководители предприятий уже сейчас убедились в том, что проиграла, не занимаясь вопросами разработки, внедрения и сертификации СК с момента принятия МС ИСО серии 9000. Им предстоит в настоящее время доработать свою СК за более короткий срок, что потребует дополнительных затрат.

При всех положительных моментах имеющих место при внедрении и сертификации СК необходимо четко понимать, что это лишь первый шаг к хорошо организованной работе коллектива предприятия по обеспечению стабильного выпуска конкурентоспособной продукции. Предприятия, которые на этом останавливаются, допускают серьезную ошибку чреватую отставанием от конкурентов и возможностью оказаться на обочине рынка. Процесс развития и совершенствования функционирующей на предприятии СК должен быть фактически непрерывным и базироваться на ряде основополагающих принципов. Во-первых, положительного результата не будет, если организацию работ по управлению качеством не возьмет на себя непосредственно первый руководитель. Во-вторых, в работе по качеству нельзя останавливаться. И, наконец, в-третьих, в работе по качеству нет мелочей. Практика показывает, что именно эти три принципа являются сейчас камнем преткновения для российских предприятий и решение этой сложной проблемы позволит российским товаропроизводителям предлагать без ограничения свою продукцию как на отечественном, так и на зарубежных рынках.

СЕКЦИЯ 1

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ УПРОЧНЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*А. Г. Суслов., А. О. Горленко, В. П. Инютин
Брянский государственный технический университет*

Особенностью работы некоторых деталей с криволинейными поверхностями трения является неравномерность распределения рабочих давлений и скоростей скольжения вдоль образующих поверхности контакта, что приводит к неравномерному износу, потере первоначальной геометрической формы, а в результате - к уменьшению долговечности пары трения в целом. К таким деталям относятся, в частности, сферические и кулачковые пары трения.

Для достижения равномерного и минимального износа необходимо обеспечивать закономерно изменяющееся состояние поверхностного слоя сопряженных деталей вдоль образующих поверхности трения. Это представляется возможным осуществить за счет электрохимической обработки с изменением режимов в процессе упрочнения. В качестве изменяющегося режима ЭМО можно принять силу тока, непосредственно влияющую на коэффициент упрочнения поверхностного слоя, закон изменения которого теоретически рассчитывается, исходя из условия обеспечения такого распределения микротвердости поверхности вдоль контакта сопряженных деталей, которое позволит добиться равномерного износа контактирующих поверхностей, минимального за счет достаточной глубины упрочнения.

Для автоматизированного управления изменением силы тока в процессе упрочнения криволинейных поверхностей деталей применительно к известным существующим схемам ЭМО на постоянном или переменном токе, основу которых составляют сварочные трансформаторы, приходится разрабатывать громоздкие приспособления с механическим воздействием на исполнительные элементы функциональных преобразователей, принцип действия которых основан на различных физико-механических способах, в частности на индуктивном. Эти недостатки можно устранить, используя бестрансформаторную схему ЭМО с тиристорным регулированием силы тока, проходящего через контакт "электрод - деталь", что позволяет автоматизировать процесс управления значением

силы тока не только в процессе обработки, но и в соответствии с теоретически рассчитанным законом изменения поверхностной микротвердости вдоль образующих поверхностей трения, исходя из их функционального назначения и эксплуатационных свойств. Применение функциональных преобразователей на основе электронных схем позволяет обеспечить: автоматизированное управление режимами ЭМО в процессе упрочнения криволинейных поверхностей трения деталей машин, гибкость и быструю переналадку системы, усовершенствовать оборудование для ЭМО.

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ И РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГТД

*В.Ф. Безъязычный, А.Л. Водолагин
Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия*

Вопросам механической обработки высокопрочных авиационных материалов посвящено много исследований, на основании которых составлены нормативы оптимальных режимов резания и геометрических параметров режущего инструмента. Однако при этом не учитывается влияние технологических факторов на сопротивление деталей машин усталостному разрушению.

Возрастающие требования к качеству и надежности деталей ГТД ставят задачу обеспечения эксплуатационных свойств на основе нормирования параметров качества поверхностного слоя. В связи с этим перспективным представляется подход, при котором производится нормирование параметров поверхностного слоя в зависимости от требуемых эксплуатационных свойств. Это позволяет на стадии конструкторско-технологической подготовки производства правильно осуществлять назначение технологических условий, что помогает правильно организовать технологический процесс изготовления деталей.

При механической обработке деталей приходится сталкиваться с изменением технологических условий в процессе обработки (величины припуска, физико-механических характеристик материала заготовки, износ инструмента и пр.). Поэтому обработка на постоянных режимах резания не позволяет достичь требуемой усталостной прочности по всей обрабатываемой поверхности.

В настоящее время в качестве критериев усталостной прочности используется предел выносливости и критерии степени поврежденности металла. Предел выносливости определяется в процессе усталостных испытаний, выполнение которых требует значительных временных и материальных затрат. В этом смысле выгодно отличается от предела выносливости такой критерий усталостной прочности деталей как модуль нормальной упругости материала E . По его изменению можно судить о структурных изменениях материала при усталости.

Таким образом, обеспечение заданной усталостной прочности должно идти по пути нормирования режимов обработки на стадии технологической подготовки производства и управления процессом резания на стадии изготовления детали.

Поскольку усталостная прочность является функцией модуля упругости материала детали, то можно записать

$$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1ИСХ}} = \frac{E_{ПОВ}}{E_{ИСХ}} = f,$$

где σ_{-1} – усталостная прочность материала детали после обработки; $\sigma_{-1ИСХ}$ – усталостная прочность исходного материала; $E_{ПОВ}$ и $E_{ИСХ}$ – модуль упругости поверхностного слоя материала детали и модуль упругости исходного материала; f – критерий повреждаемости материала.

Исследованиями установлено, что критерий повреждаемости материала $f \approx 0,75$. При $f < 0,75$ происходит разрушение материала детали. Таким образом, усталостная прочность материала после обработки

$$\sigma_{-1} = \sigma_{-1ИСХ} \cdot f \quad \text{или} \quad \sigma_{-1} = \frac{E_{ПОВ}}{E_{ИСХ}} \cdot \sigma_{-1ИСХ}.$$

Следовательно, замеряя значение модуля упругости поверхностного слоя $E_{ПОВ}$, можно определить значение усталостной прочности материала детали. При применении метода определения модуля упругости поверхностного слоя без разрушения детали значительно упрощается методика определения усталостной прочности.

Исследованиями авторов также установлено, что усталостная прочность и модуль упругости поверхностного слоя является функцией технологических условий обработки, комплексной характеристикой которой может быть энергетический критерий процесса резания A , установленный проф. Силиным С.С.

$$A = \frac{a_1 \cdot b_1 \cdot c \rho \cdot \Theta}{P_Z},$$

где a_1 и b_1 – толщина и ширина среза; Θ - температура в зоне резания; $c_{гг}$ - удельная объемная теплоемкость обрабатываемого материала; P_z - сила резания.

Технологические условия обработки, характеризующиеся энергетическим критерием подобия процесса резания, определяют комплекс параметров поверхностного слоя: шероховатость R_z , остаточные напряжения $\sigma_{ост}$, глубину и степень наклепа h_c и H_d .

Таким образом, можно предложить следующую схему нормирования технологических условий обработки:

$$\sigma_{-1} = f(R_z, \sigma_{ост}, h_c) = f(S, V, t, \dots),$$

где S – подача, V и t – скорость и глубина резания.

Разработка рекомендаций по назначению технологических условий с учетом предела усталостной прочности позволит управлять процессом обработки путем целенаправленного обеспечения требуемых параметров качества поверхностного слоя.

К ВОПРОСУ О КОНСТРУКТИВНЫХ ПУТЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Е.А. Памфилов, А.М. Буглаев, П.Г. Пыриков, А.С. Рухлядко
Брянская государственная инженерно-технологическая академия*

Качество и эффективность применения лезвийной обработки заготовок в значительной степени определяются функциональными и эксплуатационными характеристиками используемого инструмента, среди которых важное значение отводится его конструктивным особенностям. Обоснованный выбор конструкции инструмента с учётом перспектив его совершенствования (изменение геометрических параметров режущей части, использование неперетачиваемых режущих элементов, увеличение их числа, а также сокращение числа масс заменяемых частей и пр.) обуславливает универсальность конструкции инструмента и технологичность его изготовления, что способствует повышению его работоспособности, в частности - стойкости.

С учётом этого в Брянской государственной инженерно-технологической академии разработан новый способ повышения износостойкости режущих сменных элементов, заключающийся в их направленном деформировании изгибом в осевом направлении в области прикромочной зоны, в результате чего в последней формируется прогнозируемый уровень благоприятных сжимающих напряжений определённой ориентации. Величину деформации предполагалось назначать с учётом того, чтобы

глубина распространения формируемых напряжений превышала расчетную величину износа инструмента в состоянии затупления. Благоприятное влияние сжимающих напряжений на стойкость инструмента при этом предполагалось наблюдать в повышении усталостной прочности и выносливости инструментального материала за счёт снижения интенсивности развития микроскопических трещин в поверхностных слоях и третинообразования в период резания.

В качестве деформируемой модели применялись сменные ножи сборных цилиндрических фрез с прямолинейными режущими кромками. Их деформацию предполагалось осуществить при закреплении в ножевых пазах, для чего опорные поверхности фиксирующих элементов выполнялись криволинейными в осевом направлении (форма их криволинейности представляла образующую цилиндра). При этом опорная поверхность ножевого паза являлась эквидистантной прижимной поверхности фиксирующего клина.

При закреплении клин подводится к режущему элементу; последний, находясь между фиксирующим клином и опорной поверхностью ножевого паза, принимает соответствующую форму кривизны.

Однако при анализе конструкции ножевого узла сборной фрезы было отмечено, что присутствие в её составе винтовой нары, посредством которой обеспечивается перемещение фиксирующего клина, обуславливает недостаточную устойчивость режущего элемента. Это при определённых условиях приводит к его расшатыванию, ослаблению тем самым усилия прижима и снижению уровня сформированных напряжений.

В целях устранения этого было предложено осуществить перемещение клина эксцентриковым валом с последующей фиксацией его положения шлицевым ограничителем, что исключало возможность проворота при эксплуатации инструмента (патент РФ №2088399). Область контактирования эксцентрикового вала с прижимным клином по всей его ширине исключала также возможность неравномерного закрепления ножа и, как следствие, его расшатывания. Установка эксцентрикового вала в рабочее и исходное положение при помощи ключа облегчает и ускоряет эксплуатацию режущих элементов инструмента. Угол наклона шлицев ограничителя выполнялся в сторону, противоположную вращению инструмента, что создаёт при этом закручивающий момент, повышая надёжность фиксации вала и снижает износ шлицев. По мере срабатывания рабочей поверхности эксцентрикового вала его конфигурация позволяет при дополнительном повороте производить закрепление ножа с последующей фиксацией шлицевым соединением.

По результатам проведённых испытаний инструмента (ГОСТ 14956-79) на изнашивание при обработке берёзовых заготовок были определены величины деформирования режущих элементов из легированной

(8Х6НФТ) и быстрорежущей (Р6М5) сталей, при которых обеспечивалась наибольшая износостойкость, составляющие 0,15 ... 0,20 %. Результаты экспериментов свидетельствуют о возросшей стойкости ножей при их деформировании в указанном диапазоне величин в среднем на 30 %, что по сравнению со стойкостью типового инструмента свидетельствует об эффективности данного способа упрочнения.

Топография изношенных поверхностей позволяет, на наш взгляд, сделать вывод о преобладающей роли истирания в процессе изнашивания деформированных режущих элементов, что способствует более длительному сохранению их режущей способности.

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ

*С.С. Грядунов, В.В. Сиваков
Брянская государственная
инженерно-технологическая академия*

Актуальной проблемой, стоящей перед промышленностью, является повышение износостойкости деталей машин и инструмента. Одним из перспективных методов для повышения износостойкости инструмента является применение обработки концентрированными потоками энергии, поскольку воздействие высоких энергий на рабочие поверхности позволяет направленно и в существенной степени изменять их эксплуатационные характеристики.

С целью выявления рациональных режимов упрочнения и их сравнения нами проводились исследования упрочнения рабочих поверхностей дереворежущих инструментов следующими методами: электроискровым легированием, плазменной обработкой и комплексным упрочнением - электроискровым легированием и последующей плазменной обработкой.

Электроискровая обработка осуществлялась на установке "ЭФИ-46". Исследовалось упрочнение электродами из хрома, молибдена и вольфрама. Ток короткого замыкания изменялся в диапазоне от 2,6 до 4,9 А, число разрядов на см² от 200 до 400. Плазменный нагрев производился на установке "Plasma-Technik" (Швейцария) при погонной мощности плазменной струи в диапазоне от 0,19 до 0,31 кДж/см, диаметре сопла 6 мм, расстоянии от сопла до упрочняемой поверхности 9-10 мм. Плазменное упрочнение проводилось без оплавления поверхности.

В результате исследования упрочнения инструмента из стали 9ХФ ус-

тановлено, что электроискровое легирование при силе тока короткого замыкания 3,8-4,0 А и числе разрядов на см² 290-320 обеспечивает шероховатость поверхности Ra 2,7-3,2, толщину упрочненного слоя 0,2-0,3 мм. Микротвердость поверхности при легировании электродом из хрома 7,3-7,5 ГПа, вольфрамом 7,1-7,3 ГПа, молибденом 6,7-6,9 ГПа (исходная микротвердость 4-4,3 ГПа). При совместном упрочнении последовательно электродами из хрома, молибдена и вольфрама микротвердость достигает 7,8-8 ГПа, соотношение продолжительности времени обработки каждым электродом составляет 3,5:2:1,5.

Однократное плазменное воздействие приводит к повышению микротвердости до 8,3-8,5 ГПа, толщина упрочненного слоя составляет 0,3-0,4 мм в зависимости от режима упрочнения. Применение трехкратного воздействия (каждый нагрев проводился после полного охлаждения поверхности) способствует увеличению микротвердости до 9,1-9,3 ГПа при толщине упрочненного слоя 0,5-0,6 мм. Максимальная микротвердость достигается в центре зоны плазменного воздействия, при этом за зоной упрочнения наблюдается незначительное падение исходной микротвердости.

Шероховатость поверхности при плазменном упрочнении практически не изменяется. Сочетание наиболее высоких значений микротвердости и ширины зоны упрочнения достигается при погонной мощности плазменной струи 0,25-0,27 кДж/см.

Электроискровое легирование и последующая однократная плазменная обработка приводит к повышению микротвердости поверхности до 9,8-10 ГПа, при этом распределение микротвердости по ширине и глубине зоны плазменного воздействия становится более равномерным, а ширина зоны упрочнения увеличивается с 3-4 до 5 мм. Глубина зоны упрочнения несколько снижается. При трехкратном плазменном нагреве микротвердость изменяется мало, происходит лишь увеличение толщины и ширины упрочненной зоны до 6-6,5 мм. В зоне плазменного воздействия наблюдается сглаженный микрорельеф, параметры шероховатости поверхности уменьшаются по сравнению с электроискровой обработкой на 15-30%. Большая величина снижения параметров шероховатости достигается при трехкратном нагреве.

Выявлено, что многократное плазменное воздействие после электроискрового легирования способствует дополнительной диффузии легирующих элементов вглубь металла, увеличивает толщину упрочненного слоя и его микротвердость, степень дисперсности структуры, равномерность распределения карбидов в массе основного металла.

Таким образом, применение предварительного электроискрового и последующего трехкратного плазменного воздействия позволяет достаточно широко изменять уровень характеристик поверхностного слоя, добиваясь оптимального их сочетания.

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

*В.И. Плеханов, С.В. Скифский
Тюменский государственный нефтегазовый университет*

Распространенные в машиностроении и приборостроении механические методы количественного определения прочности сцепления гальванических покрытий с металлической подложкой основаны на установке штифта в отверстие образца, осаждении покрытия на образец и торец штифта с последующим его отрывом от покрытия.

Недостатком большинства технических решений, использующих цилиндрические штифты, является неизбежный зазор между сопрягаемыми поверхностями образца и штифта, что вызывает электрохимические реакции в зазоре при осаждении покрытия, резко снижающие точность измерения адгезионной прочности. Ликвидация или минимизация зазора за счет конической формы штифтов, устанавливаемых с антиадгезивом или легкоплавких уплотнителей, термическим или другим способом удаляемых из зазора перед отрывом штифта, вызывает появление выраженного краевого эффекта на кромках штифта и отверстия образца при электролизе, а также предполагает наличие в ваннах осаждения покрытий электрохимически неоднородных материалов. Данные обстоятельства приводят к возникновению структурных неоднородностей покрытия и, как следствие – к снижению достоверности информации по адгезионной прочности.

Предложен способ, позволяющий повысить точность определения прочности сцепления гальванического покрытия с основой.

Технический результат достигается тем, что в качестве антиадгезива, наносимого на поверхность конического штифта, используют конверсионное электрохимическое покрытие, которое перед размещением штифта в отверстии образца формируют на сопрягаемой с образцом поверхности штифта, а нанесение гальванического покрытия производят после механической обработки штифта и образца в сборе, обеспечивая подвод тока на образец и на штифт. Предлагаемая технологическая схема преимущественно адаптируется к испытанию адгезионной прочности покрытия на подложке из алюминиевых сплавов. Конверсионное покрытие на них представляет собой компактный слой с толщиной, регулируемой условиями анодирования в пределах от нескольких микрометров до десятков микрометров. Особенности оксидного слоя являются высокая сцепляемость, близость к основе по химической природе, равномерность

и повышенная твердость, что обеспечивает точность позиционирования штифта в отверстии образца и предотвращение опасности схватывания по сопрягаемым поверхностям.

Известно, что механическая обработка, например шлифование вязких металлов, таких как алюминиевые сплавы, сопровождается эффектом «засаливания» инструмента, что приводит к повышенной шероховатости заготовки, наволакиванию стружки на обработанную поверхность. Это снижает качество подготовки поверхности к электроосаждению покрытий и, как следствие, снижает точность данных измерений по прочности сцепления. Также известно, что абразивный съем вязкого металла, совмещенный с удалением микропорций охрупченного оксидированием слоя, повышает качество обработки. Данное обстоятельство положительно сказывается на подготовке испытуемого материала к гальванопокрытию вблизи выхода штифта из отверстия образца.

Необходимость обеспечения подвода тока на образец и на штифт при формировании гальванического покрытия вызвана электроизоляционными свойствами конверсионного (оксидного) покрытия на алюминиевых сплавах.

Для оценки преимуществ предлагаемого способа были проведены проверочные испытания в сравнении с базовым вариантом (прототипом). Образцы и штифты изготавливали из алюминиевого сплава А5М-3-0,25. Угол конусности отверстий и штифтов составлял 24° и $23,5^\circ$ соответственно. Шлифование рабочей поверхности образца в сборе проводили до шероховатости $R_a 0,63$. В качестве контролируемого параметра по результатам определения прочности сцепления медных покрытий с основой служил интервал разброса данных 50 измерений, выраженный в процентах от среднего арифметического значения.

Опыт 1. Базовый вариант. Конусную поверхность штифта протирали порошком окиси алюминия дисперсностью до 2 мкм. Разброс данных измерений прочности сцепления составил 24%.

Опыт 2. Предлагаемый способ. Штифты предварительно анодировали в водном растворе, содержащем, г/л: сульфосалициловую кислоту – 100; серную кислоту – 20. Режим обработки: температура $0 \pm 1^\circ\text{C}$, анодная плотность тока 2-5 А/дм², продолжительность 15 мин. Средняя толщина покрытия – 28 мкм. Разброс данных измерений прочности сцепления составил 9%.

Экспериментальные данные показывают преимущество данного метода по точности определения адгезионной прочности гальванических покрытий.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИНСТРУМЕНТАМИ ИЗ МИНЕРАЛОКЕРАМИКИ И СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

*П.А. Баитов, В.Н. Орлов
Курганский государственный университет*

Качество поверхности деталей машин оказывает существенное влияние на их эксплуатационные свойства и является важнейшим фактором, определяющим надежность и долговечность работы машин. Так в соответствии со статистическими данными причиной более 90 % аварий машин является несоответствующее формирование свойств поверхностного слоя деталей.

Для обеспечения требуемых свойств поверхности деталей подвергаются специальным технологическим методам обработки, таким как: индукционная закалка, электромеханическая обработка, обработка поверхности концентрированными потоками энергии, химико-термическая обработка и др. Все эти методы требуют наличия сложного технологического оборудования и больших затрат энергии.

В то же время, требуемое упрочнение поверхности деталей может быть достигнуто непосредственно в процессе их изготовления на металлорежущих станках при использовании метода фрикционной термомеханической обработки (ФТМО).

Данный метод может быть использован для повышения износостойкости деталей из железоуглеродистых сплавов, сплавов на основе меди и алюминия. Технология ФТМО базируется на следующих теоретических положениях:

- Для процессов поверхностного пластического деформирования (ППД), основанных на трении скольжения, характерно интенсивное выделение тепла в очаге деформации, сопровождающееся возникновением высоких контактных температур /1/.

- Использование выделяемого тепла для формирования поверхностного слоя с заданными свойствами возможно при применении инструмента из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора (СТМ) и минеральной керамики (МК), обладающих высокой тепловой стойкостью (1270-1470 К) и химической устойчивостью /2/.

В результате проведения исследований установлено, что при обработке конструкционных сталей и чугунов с ферритно-перлитной структурой инструментами из СТМ и МК процесс ППД может быть совмещен с термической обработкой поверхностного слоя. При этом нагрев поверхности до температуры рекристаллизации и выше достигается трением инструмента по обрабатываемой поверхности, а охлаждение - отводом

тепла в тело металла.

Фрикционная термомеханическая обработка сталей 45 и 40Х инструментами из СТМ и МК увеличивает поверхностную микротвердость в 3 раза (до 8000 МПа) с обеспечением шероховатости поверхности по параметру Ra 0,4...0,8 мкм. При этом в упрочненном слое глубиной 0,1...0,3 мм создаются остаточные напряжения сжатия. В итоге значительно повышаются износостойкость и коррозионная стойкость деталей /3/.

Рентгеноструктурные и металлографические исследования показали, что импульсное термодинамическое воздействие на поверхностный слой металла при ФТМО вызывает в нем специфические структурные превращения недостижимые при обычных условиях деформации.

Практическое осуществление разработанной технологии возможно при изготовлении деталей на металлорежущем оборудовании за счет использования на финишных переходах специальных инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Резников А.Н. *Теплофизика процессов механической обработки материалов*. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
- 2.Баитов П.А., Орлов В.Н. *Применение инструмента из нитридокремниевой керамики для отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием // Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин по заданным показателям качества с использованием САПР: Сборник научных трудов*. – Курган, Изд-во Курганского гос. университета, 1997. – С.55-60.
- 3.Баитов П.А. *Исследование влияния режимов термомеханической обработки минералокерамическим инструментом на показатели качества поверхности // Повышение качества и производительности изготовления деталей машин*. – Курган: КМИ, 1995. - С.56-61.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ОТВОДОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ХОЛОДНОЙ ГИБКОЙ С РАСКАТЫВАНИЕМ

*С.Г. Лакирев, А.В. Козлов, И.П. Дерябин
Южно-Уральский государственный университет*

В ЮУрГУ разработаны не имеющая аналогов технология холодной гибки труб большого диаметра и оборудование для ее реализации. В основе новой технологии лежит создание в изгибаемой трубе перемещающейся кольцевой пластической зоны, в каждой точке которой под воздействием сосредоточенных радиальных сил возникают знакопеременные изгибные напряжения стенок трубы /1/. В результате при приложе-

нии к трубе относительно небольшого изгибающего момента в перемещающейся кольцевой зоне происходит гибка трубы. Одним из наиболее простых способов такого воздействия на трубу является ее раскатывание вращающимся раскатником, заведенным в трубу с большим натягом. Выполнен качественный анализ сложнапряженного состояния трубы при гибке с раскатыванием, теоретически показано, что за счет этого может быть не менее, чем в 2 раза снижено усилие гибки, по сравнению с известными методами холодной гибки без дополнительного воздействия на изгибаемую трубу. Определены условия образования "пластических шарниров", минимально необходимый для гибки натяг, радиальные силы, действующие на раскатной инструмент /2/. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментально. Это позволило разработать недорогое и простое по конструкции оборудование для холодной гибки труб $D=40-200$ мм с толщиной стенки 2-12 мм /3/.

Разработанные технология и оборудование позволяют изготавливать пространственные гнутые участки, соответствующие по своим размерам отводам по ГОСТ 17375-83. Применение деталей, изготовленных по предлагаемой технологии, обеспечивает улучшение условий сборки-сварки трубопроводов за счет наличия прямых участков в зоне сварки и уменьшения в целом количества сварных участков, изготовление элементов теплообменников, компенсаторов и других изделий.

Вместе с тем при холодной гибке труб с раскатыванием наблюдаются определенные изменения состояния металла. С целью определения пригодности гнутых деталей при монтаже котельных установок, работающих при большом давлении, было проведено исследование состояния материала отводов Ж 76 г 6 из стали 20, изготовленных на станках для гибки с раскатыванием.

Исследование включило:

1. Контроль овальности поперечного сечения.
2. Магнитопорошковую дефектоскопию наружной поверхности.
3. Ультразвуковой контроль гнутых участков на продольные и поперечные трещины.
4. Контроль профиля и состояния внутренней поверхности по растянутому и сжатому волокнам.
5. Исследование микроструктуры.

Проведенные исследования дали следующие результаты. Овальность составила 4,7% - 13,21%. При магнитопорошковой дефектоскопии наружной поверхности трещин на гнутых участках не обнаружено. При ультразвуковом контроле дефектов не выявлено.

Для контроля профиля и состояния внутренней поверхности гнутые участки были разрезаны вдоль по растянутому и сжатому волокнам, а также в четырех поперечных сечениях. На внутренней поверхности имеются остроугольные выступы, высотой 2 мм, распространяющиеся по периметру внутренней поверхности трубы у начала и конца гнутой части. В

местах выступов наблюдается резкий перепад по толщине стенки от 0,3 мм до 2,7 мм.

Исследование микроструктуры показало, что металл трубы представляет собой феррит и около 20% перлита плотного строения, в растянутой зоне гнутых участков структура значительно деформирована. Наиболее сильная деформация наблюдается с внутренней стороны трубы, кроме того, в этой же зоне наблюдается трансформация перлитной составляющей, распространяющаяся на глубину около 0,5 мм. Такое изменение структуры свидетельствует о значительном разогреве поверхности металла от контакта с прокатным инструментом (предположительно до температуры 650°С). По краю внутренней поверхности имеется оторочка из очень мелкого зерна – мельче 10 балла по ГОСТ 5639-82, что свидетельствует о начале процессов рекристаллизации. Структура в сжатой зоне гнба удовлетворительная для стали 20, зерно 5-6 балла.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что, несмотря на ряд отклонений от ГОСТ 24-030.40-74, по большинству параметров отводы, получаемые холодной гибкой с раскатыванием, могут быть применены при монтаже трубопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Козлов А.В., Бобылев А.В. Эффект снижения усилия при гибке труб, раскатываемых с большими натягами, и механизм его проявления. // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. - Челябинск: ЧГТУ, 1995.
- 2.Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Козлов А.В., Бобылев А.В. Новая технология холодной гибки труб. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 1997. №6.
- 3.Козлов А.В., Дерябин И.П., Чуманов В.И Холодная гибка водопроводных труб диаметром 100-250 мм. // Передовые технологии на пороге XXI века: Сб. тезисов докладов Международной конференции, посвящ.145-летию со дня рождения В.Г. Шухова. - Ч.2. -М.:Науч. - изд. цент «Инженер», 1998.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РОТОРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРИФУГ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ СБОРОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.А. Бубнов, В.А. Вотинцов
Курганский государственный университет

Промышленные центрифуги, предназначенные для разделения неоднородных систем под действием центробежных сил, находят широкое применение в химической, пищевой, медицинской, текстильной и многих

других отраслях промышленности.

Важнейшим узлом всех промышленных центрифуг, в значительной мере определяющим их производительность, качество, надежность и работоспособность, является ротор. Конструкции роторов и технология их изготовления является предметом постоянного внимания разработчиков и изготовителей, конструкторов и технологов. Так роторы маятниковых центрифуг (типов ФМБ, ФМД, ОМБ, ОМД и ФМК) имели значительную массу, не всегда удовлетворительные показатели по динамической неуравновешенности и точности геометрической формы, длительный цикл изготовления и низкий коэффициент использования металла ($K_m = 0,25-0,5$).

По традиционной технологии изготовления роторов указанного класса центрифуг, вследствие низкой точности заготовок и сборочных элементов, предусматривались большие припуски под механическую обработку. В штампо-сварочных конструкциях роторов, по тем же причинам, при сборке требуется большой объем подгоночных ручных работ, необходим комплектный подбор элементов по "разверткам". Роторы получают, при этом, со значительным биением и динамической неуравновешенностью.

В целях обеспечения необходимой точности и качества роторов, снижения материальных и энергетических затрат разработана и внедрена ресурсосберегающая технология изготовления этих узлов, основанная на калибровке пластическим растяжением или обжатием кольцевых заготовок и сборочных элементов (рис. в и г) в секционных разжимных штампах или дорнованием по внутренней поверхности.

Точность откалиброванных заготовок и деталей, выражаемая овальностью, зависит от степени деформации, механических свойств материала, исходной овальности, геометрических размеров, точности калибрующего инструмента. В общем виде:

$$\Delta D = f (M, \varepsilon_0, D \frac{D_n}{D_b} \Delta D_3, K_n),$$

где ΔD - точность откалиброванных деталей, выражаемая овальностью (отклонением от круглости); M - механические свойства материала; D, D_b, D_n - геометрические размеры детали; ΔD_3 - овальность исходной заготовки до калибровки; K_n - точность калибрующего инструмента.

На основании многочисленных экспериментов установлено, что калибруемый элемент частично восстанавливает имевшую место до калибровки овальность. Это упругое восстановление овальности носит наследственный характер. Исследования показали, что на точность калибровки по овальности активно влияет степень деформации ε_0 . Зона устойчивой (стабильной) калибровки для элементов с более жестким контуром $D_n / D_b = 1,08-1,25$, (D_n и D_b - наружный и внутренний диаметры кольцевой детали) наступает несколько раньше при $\varepsilon_0 = 1,2 - 1,6\%$, а для

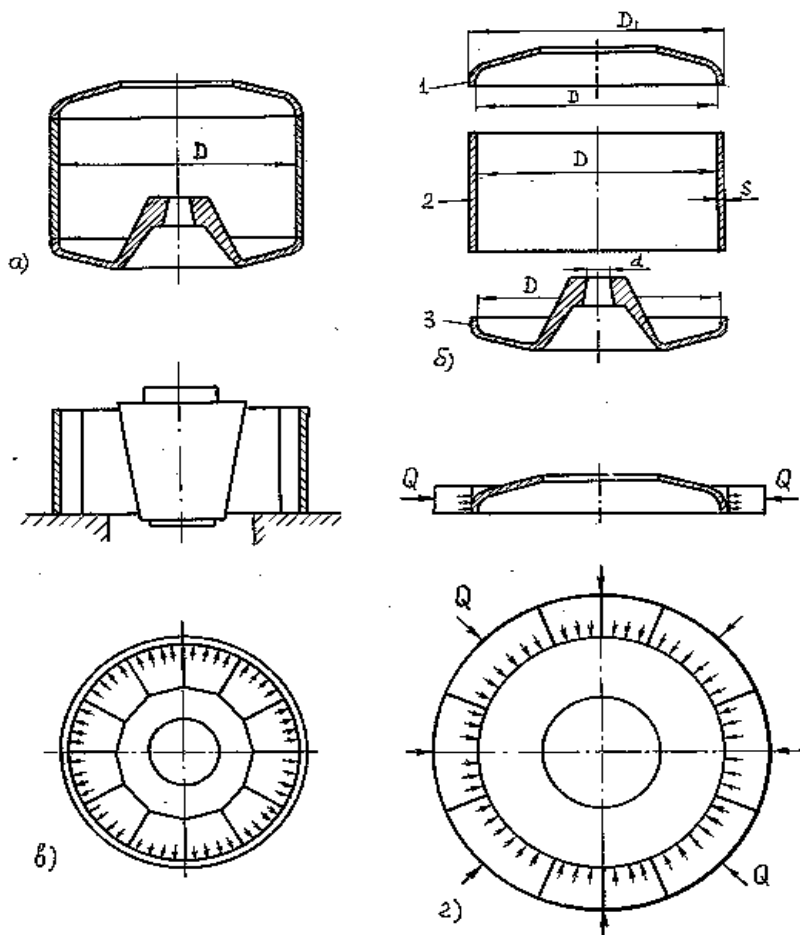


Рис.1. Ротор центрифуги типа ФМБ из пластически калиброванных и упрочненных элементов, схема сборки и схемы пластической калибровки:

- а) конструкция ротора; б) схема сборки;
в,г) схемы калибровки пластическим растяжением и обжатием.

элементов с менее жестким контуром ($D_n / D_b = 1,01-1,08$) наступает позднее при $\varepsilon_0 = 1,5-2,5\%$. Наблюдается тенденция, что детали из более прочных сталей (выше σ_b) при одних и тех же условиях пластического растяжения или сжатия (ε_0) имеют точность несколько выше, чем детали из менее прочных сталей. Для кольцевых элементов с достаточно жестким контуром овальность может быть сведена до минимума даже для

элементов больших размеров $D_b = 500-2000\text{мм}$ ($\Delta D=0,3-1,2\text{мм}$), а колебание величины развертки не превышает 0,05%. Для элементов с нежестким контуром, типа обечаек, при $D_n / D_b = 1,01-1,03$ овальность наблюдается несколько выше ($\Delta D=1,0-2,0\text{мм}$), но колебание величины развертки в партии деталей также не превышает 0,05%.

Для определения величины ожидаемой овальности кольцевых элементов при калибровке на основании энергетического подхода разработан методика расчета и даны теоретические решения в зависимости от степени деформации ϵ_0 и других влияющих на точность процесса факторов. Внедрение представленной технологии на Курганском заводе химического машиностроения позволило получить значительную экономию металла. Так только на одном роторе центрифуги ФМД-1253К-01 экономия составляет до 500кг нержавеющей стали.

ВЫХАЖИВАНИЕ ТОРЦЕВ ВАЛОВ ДИСКРЕТНЫМ КРУГОМ

*В.Г. Кузеванов, В.Г. Гусев, И.Р. Блурцян, Д.В. Кочнев.
Владимирский государственный университет*

Профиль торцевой поверхности вала формируется на шлифовальных операциях, причем торец и шейка вала обрабатываются одновременно за один установ заготовки, чтобы обеспечить точность их расположения относительно друг друга. Окончательный профиль торцев формируется на этапе выхаживания, когда подача инструмента прекращается, а снятие тончайших стружек происходит за счет упругого восстановления элементов технологической системы, при этом он существенно зависит от профиля, сформированного на первом, втором и последующих оборотах заготовки. На этапе выхаживания погрешность (отклонение от плоскостности) торцевой поверхности, шлифуемой дискретным кругом, определяется зависимостью:

$$\Delta_i = t - \sqrt{\left(R_k^2 - \left[\frac{2R_c \omega_3 \pi}{n \omega_k} - (i-1)h_i \right]^2 \right)},$$

где t - глубина резания при шлифовании вала до процесса выхаживания; R_k - радиус режущей поверхности дискретного круга; R_c - средний радиус на торцевой поверхности, подвергаемой выхаживанию; ω_k, ω_3 - соответственно угловая скорость вращения инструмента и заготовки; n - количество абразивных сегментов в шлифовальном круге; i - количество

оборотов заготовки при выхаживании; h_i - фазовый сдвиг между соседними резами абразивными сегментами круга на торце вала.

Анализ окончательного профиля торца при выхаживании с помощью вышеприведенной зависимости показал, что погрешности обработки зависят от условий чернового, чистового шлифования и выхаживания: технологических параметров, характеризующих режим резания, и конструктивных параметров инструмента.

Возрастание погрешности происходит при увеличении угловой скорости вращения заготовки, уменьшении числа абразивных сегментов в круге, уменьшении скорости резания как за счет уменьшения радиуса режущей поверхности круга, так и за счет уменьшения частоты его вращения; при увеличении протяженности воздушного промежутка между смежными сегментами. Кроме того, для уменьшения погрешности после выхаживания необходимо избегать целочисленного значения параметра настройки $F = \omega_k n / \omega_3$, что позволяет избегать при выхаживании фазового совпадения единичных резов, а следовательно, размельчать (дробить) погрешность, образованную на этапе чистового шлифования, на ряд более мелких и многочисленных погрешностей, что в конечном итоге приводит к улучшению геометрических характеристик шлифованного торца.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ СТАЛЕЙ

*Ю.Г. Гуревич, В.В. Марфицын
Курганский государственный университет*

На кафедре “Технология металлов” КГУ, под руководством профессора Гуревича Ю.Г. разработана технология изготовления термоупрочненных сталей.

Авторами выполнены исследования ряда свойств данных материалов, в частности, твердости и износостойкости.

Термоупрочненные стали получают путем электроконтактной обработки практически любых сталей с образованием на поверхности изделий плотного, беспористого, износостойкого слоя.

Были выполнены металлографические исследования по изучению микроструктуры поверхностного слоя образцов после электроконтактной обработки. Область электроконтактного воздействия четко разделена на зону оплавления и зону химико-термического влияния. Зона оплавления представляет собой белый чугун.

Глубина износостойкого слоя находится в пределах от 0,5 до 1,2 мм. Под ним расположены мартенситный слой и слой упрочненного перлита,

эти слои способны удерживать износостойкий слой при работе трения. В зависимости от того, в каких условиях предстоит работать изделию, можно получать в поверхностном слое чугуна требуемого состава. Исследования показали, что твердость плотного износостойкого слоя составляет HRC₃ 62-75 с постепенным снижением до значений основного материала.

Процесс изнашивания поверхностей зависит от многих факторов, в которых значительную роль играют высокая твердость и износостойкость контактирующих поверхностей, удельное давление, смазка. Исследования проводились на машине трения 2070 СМТ-1.

Анализ диаграмм работы трения для различных контактирующих пар показал, что термоупрочненные стали характеризуются плавной и стабильной работой; мала вероятность схватывания и вырывов металла. В докладе приводятся подробные сведения о результатах испытаний. Результаты позволяют предположить, что термоупрочненные стали могут быть использованы в качестве инструментальных.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ СТАЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

*В.В. Марфицын, Г.П. Мосталыгин,
В.Н. Орлов, А.Г. Мосталыгин
Курганский государственный университет*

На кафедре “Технология машиностроения” Курганского государственного университета в течение ряда лет выполняются работы по определению возможности использования, в качестве инструментальных, современных материалов.

В частности, в условиях острого дефицита и высокой стоимости, возникает необходимость разработки и применения новых, дешевых инструментальных материалов для процесса выглаживания. Обязательным условием для использования таких материалов является наличие у них высоких физико-механических и эксплуатационных свойств.

В качестве нового инструментального материала в процессе выглаживания поверхностей предлагается использовать термоупрочненные стали. Технология электроконтактного термоупрочнения сталей разработана под руководством профессора Ю.Г. Гуревича. С использованием предложенной технологии изготовлены инструменты для процесса выглаживания. Выполнены исследования по определению износа выглаживателей в процессе обработки.

Исходные данные исследований:

- обрабатываемый материал – сталь 40X (HB 100-197), радиус выглаживателя – 6,5 мм, подача $S = 0,05$ мм/об, исходная шероховатость $Ra = 1,2$ мкм (точение резцом с минералокерамической пластинкой), требуемый интервал шероховатости поверхности после выглаживания $Ra = 0,16-0,08$ мкм;

- обрабатываемый материал – Бр.9-4-1 (HB 90), радиус выглаживателя – 6,5 мм, подача $S = 0,05$ мм/об, исходная шероховатость $Ra = 1,2$ мкм, требуемый интервал шероховатости поверхности после выглаживания $Ra = 0,08-0,05$ мкм.

Результаты стойкостных испытаний выглаживателей из термоупрочненных сталей при различных значениях заданного натяга приведены в таблице.

В качестве режимов использовались параметры: V (скорость выглаживания), S (подача), $h_{зад}$ (задний натяг).

Подобные испытания проводились также для среднеуглеродистых сталей, порошковых сталей, латуни, алюминиевых сплавов.

Режимы обработки выглаживателями из термоупрочненных сталей принимались аналогичными режимам для инструментов из минералокерамики.

Таблица. Стойкость выглаживателей из термоупрочненных сталей

Обрабатываемый материал	Режимы процесса			Стойкость в ч машинного вр
	V , м/мин	S , мм/об	$h_{зад}$, мкм	
Сталь 40X	100	0,05	30	2,5-2,8
			60	2,2-2,4
			80	1,8-2,1
Бр. 9-4-1	100	0,05	30	4,3-3,7
			60	3,5-3,2
			80	3,1-2,9

Процесс протекал стабильно. Стойкость инструментов из нового материала примерно соответствовала стойкости твёрдых сплавов.

Результаты работы нашли отражение в производственных условиях.

ВНЕДРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ОБОРОННОМ И ТЯЖЁЛОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

*С.М. Жасимова
Павлодарский государственный
университет им. С. Торайгырова*

Методы поверхностного пластического деформирования (ППД) являются одними из наиболее эффективных способов финишной обработки ответственных деталей в различных отраслях машиностроения. Одной из основных деталей, ограничивающих скорость перемещения бронетехники по пересеченной местности, является торсионный вал. В проводимых нами исследованиях рассматривалась конструкция торсионного вала, представляющего собой полу деталь со шлицами на концах из высокопрочной хромистоникелевомолибденовой стали. После изготовления торсионных валов по принятой технологии (точение наружных и внутренних поверхностей, закалка до HRC₅ 51-57, абразивная обработка, заневоливание) усталостная прочность на кручение (УПК) составила 280×10^3 циклов, что не соответствовало техническим требованиям.

Исследования, проводимые в лабораториях Харькова, Ленинграда, Москвы по использованию методов ППД (обкатывание наружных и раскатывание внутренних поверхностей) позволили повысить УПК лишь до 700×10^3 циклов. Заданной величины УПК ($1 - 1,5 \times 10^6$ циклов) достичь не удалось.

В проведенных нами исследованиях были разработаны технология и технологические средства ППД. Технологический маршрут изготовления торсионного вала представляет собой следующее: получение заготовки ковкой, точение наружных и внутренних поверхностей, фрезерование наружных и протягивание внутренних шлицев, закалка до HRC₅ 52-57, абразивная обработка цилиндрических поверхностей, обкатывание наружных и раскатывание внутренних поверхностей. Для обкатывания наружных поверхностей была сконструирована трехроликовая жесткая установка, закрепляемая на токарном станке. Для раскатывания отверстия с галтелью в упор была разработана конструкция саморегулируемой дифференциальной раскатки с гидросистемой. Геометрические параметры инструментов и усилия деформирования, с учетом оптимальных распределений контактных давлений и напряжений, были рассчитаны исходя из прочности материала торсионного вала.

В результате проведенных исследований стало возможным получение торсионных валов с усталостной прочностью на кручение (1,5 - 1,8)

х 10^6 циклов. Поставленная задача была решена.

Использование методов ППД позволило получить хорошие результаты при обработке рельс - цилиндра механизма перемещения подводных лодок.

Задача исследований состояла в повышении точности формы отверстия в поперечном сечении с сохранением прямолинейности продольной оси, достигнутой растачиванием. Диаметр отверстия должен был быть выполнен по 7 квалитету, изогнутость продольной оси должна быть не более $0,15/6000$, отклонение от круглости - не более $0,015$ мм, высота микронеровностей поверхности - не более $Ra\ 0,32$ мкм, относительная опорная длина профиля на уровне - менее половины высоты, микронеровностей - не менее 90 %. Дополнительная сложность поставленной задачи заключалась в неравномерной жесткости обрабатываемой детали.

Расчетами были определены распределения контактных давлений и напряжений при раскатывании, усилие и углы деформирования, основные геометрические параметры раскатки.

Обработка отверстия рельс - цилиндра раскаткой, предложенной нами конструкции, позволила получить следующие результаты. Точность размера отверстия $\phi\ 70\ H7$ выдержана, повышена точность формы в поперечном сечении до $0,01 - 0,012$ мм (меньше допуска), искривление продольной оси составило менее $0,1/6000$. Высота микронеровностей поверхности уменьшилась до $Ra\ 0,1$ мкм, с характерным для ППД скруглением вершин микровыступов. Раскатывание с небольшими усилиями позволило сохранить внутреннее напряженное состояние рельс - цилиндра в целом и соответственно прямолинейность продольной оси.

Методы ППД, позволяющие существенно повысить качество, надежность и долговечность деталей машин в ремонтных работах, в силу различных причин, практически не применялись. Между тем, использование методов ППД в ремонте, например, уникальных энергоустановок, мощностью 500 МВт на Экибастузской ГРЭС - 1 существенно могли бы повысить межремонтный ресурс. Было бы возможным получить значительный экономический эффект за счет уменьшения трудоемкости и сроков ремонта, числа и времени остановов энергоблоков, т.к. суммарная мощность электростанции составляет 4000 МВт и ее работой предопределяется работа предприятий Казахстана и значительной части России.

В целом, для решения указанной проблемы была разработана стратегия управления качеством в процессе ППД при ремонте машин, значительно расширены технологические возможности методов ППД, создана серия технологических средств: систем станков, установок и инструментов.

Разработанными математическими моделями и методиками охваты-

ваются статические, динамические и статико-динамические методы, копирующие и жесткие схемы приложения усилий при ППД. Расчетами определяются все основные параметры режима ППД: усилие, энергия удара, распределение контактных давлений и эквивалентных напряжений, углы деформирования, величина подачи, геометрические параметры инструмента.

В процессе исследований по проблеме ремонта деталей энергоблоков на ГРЭС - 1 были охвачены валы, оси, штоки, шпиндели с диаметрами обработки 20 - 570 мм, длиной 6000 мм и более (около 120 наименований деталей). Раскатывались сквозные и глухие отверстия втулок, гильз, цилиндров, дисков (128 типоразмеров). Результаты решения данной научно-технической проблемы могут быть использованы при ремонте машин и механизмов различных типов и назначений.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И ИХ РАСЧЁТ ПРИ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

*С.М. Жасимова
Павлодарский государственный
университет им. С. Торайгырова*

К методам поверхностного пластического деформирования (ППД), по характеру воздействия инструмента на обрабатываемую поверхность заготовки можно отнести: накатывание (статическое и статико-динамическое воздействие); выглаживание, в том числе ударно-силовое выглаживание (статическое и статико-динамическое воздействие); дорнование (статическое воздействие); чеканка и дробеструйная обработка (динамическое воздействие); центробежно-ударная обработка, обработка щетками, виброобработка (статико-динамическое воздействие).

При исследовании параметров режима обработки статико-динамических и динамических методов ППД авторы руководствовались следующими принципами:

а) в качестве параметров режима выбирались участвующие в процессе обработки факторы, влияние которых на показатели качества заготовки значительны;

б) параметры режима обработки (факторы) располагались по очередности в зависимости от значимости воздействия на показатели качества заготовки;

в) определение параметров режима обработки, их регулирование в

процессе ППД рассматривалось как один из основных путей управления ходом ППД.

К параметрам методов статико-динамического ППД в порядке воздействия на состояние заготовки можно отнести: распределение контактных эквивалентных напряжений σ_i ; температура T ; длина эпюры σ_i в продольном сечении, совпадающем с направлением подачи на уровне равном пределу текучести материала заготовки $l_{\text{от}}$; число циклов деформирования n_c ; усилие деформирования P ; энергия удара A ; число нанесенных ударов по единице площади n_i ; передний β_0 и задний α_0 углы деформирования; физико-механические свойства инструмента Φ_{m1} и заготовки Φ_{m2} (пределы текучести σ_T , пределы прочности σ_B , модули упругости E , коэффициенты Пуассона μ); радиусы кривизны поверхности инструмента R_1, r_1 и заготовки R_2, r_2 ; скорость главного движения ϑ ; масса деформирующего элемента m ; величина продольной подачи S .

Для динамических методов ППД к вышеперечисленным параметрам режима добавляются факторы, характеризующие специфику процесса обработки. Некоторые сложности в выборе параметров режима и их расчете при дробеструйной обработке были связаны с тем, что движение заготовки не рассматривалось как сложная совокупность отдельных перемещений по направлениям осей координат OX, OY, OZ , не выделялись главное движение и движение подачи. Дополнительные трудности связаны были с тем, что дробеструйная обработка характеризуется большим количеством различных параметров режима. Необходимо было установить количественные связи между параметрами, выявить значимость и очередность действия на качество поверхностного слоя заготовки. В результате анализа технологических особенностей процесса дробеструйной обработки к числу параметров режима необходимо добавить: скорость полета дроби ϑ_n ; расход дроби N_n ; диаметр круга D , охваченного ударами дроби; углы удара относительно осей $OX - \gamma_x$ и $OY - \gamma_y$; диаметр сопла D_c ; угол разлета дроби τ ; давление рабочей среды (воздуха, жидкости) на дробь P_c ; время обработки t ; состав рабочей среды (жидкости) СОЖ. Все вышеперечисленные параметры режима обработки дробью в зависимости от значимости, очередности воздействия на получаемое качество обрабатываемой заготовки разделены на 5 уровней. Общая взаимосвязь параметров режима можно представить в виде

$$\sigma_i, n_c, l_{\text{от}} = f\{A, n_i, \Phi_{m1}, \Phi_{m2}, d, r_2, R_2, \\ \cdot [\vartheta_n, S, m, \vartheta, N_n, D, \gamma_x, \gamma_y, M (D_c, H, \tau, \varphi, p_c, t)]\}.$$

В процессе исследований было установлено, что распределение числа ударов дроби по поверхности заготовки следует нормальному закону Гаусса. Беспорядочный характер и неравномерность ударов дроби упорядочены разложением движений заготовки и дроби по трем осям координат, заданием скоростей главного движения и движения подачи, увя-

званием их с числом вылетающих дроби в единицу времени.

Расчет вышеперечисленных параметров режимов обработки производился по разработанным методикам, основанным на найденных законах распределения контактных давлений и напряжений при статико-динамическом контакте деформирующего индентора с поверхностью заготовки.

ВЫГЛАЖИВАНИЕ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*А.Г. Мосталыгин, П.А. Баитов, В.В. Марфицын
Курганский государственный университет*

Одним из методов финишной обработки, обеспечивающих значительное снижение шероховатости обрабатываемой поверхности и улучшение эксплуатационных свойств деталей машин, является выглаживание.

Применение этого метода наиболее эффективно при обработке деталей из незакаленных и улучшенных конструкционных сталей (НВ 180...197), когда применение абразивных методов обработки несколько затруднено из-за засаливаемости абразивных кругов и внедрения частиц абразива в сравнительно мягкую поверхность обрабатываемых деталей.

Производительность и экономическая эффективность алмазного выглаживания лимитирована подачей инструмента – из-за небольших радиусов выглаживателя – до 3,2 мм, скоростью обработки – из-за невысокой красностойкости алмазного инструмента – 750° С и довольно высокой ценой инструмента.

Применение в качестве инструментального материала минералокерамики позволяет повысить производительность и экономическую эффективность процесса выглаживания. Сравнительно недорогой минералокерамический инструментальный материал, обладающий высокой красностойкостью (1200-1300°С), из которого могут быть изготовлены выглаживатели с радиусами в 2 и более раза большими, чем радиусы алмазного инструмента позволяет производить обработку незакаленных и улучшенных конструкционных сталей при более интенсивных режимах по сравнению с алмазным выглаживанием.

При этом отмечается значительное улучшение показателей качества обработанной поверхности. Например, при выглаживании сталей 45 и 40 X (НВ 180-197) при сглаживающе-упрочняющих режимах обработки ше-

роховатость обработанной поверхности составляет $Ra = 0,5 \dots 1$ мкм, волнистость поверхности уменьшается в среднем на $20 \dots 25$ %, степень наклепа (отношение чисел микротвердости) составляет $1,5 \dots 2,2$, глубина наклепа $0,12 \dots 0,20$ мм. В поверхностном слое обрабатываемых деталей формируются сжимающие остаточные напряжения, максимум которых достигает $1260 \dots 1320$ МПа, формируется мелкодисперсная бейнитная микроструктура, значительно повышающая износостойкость и сопротивление усталости выглаженных деталей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ВЫГЛАЖИВАНИЯ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

*В.В. Марфицын, М.В. Давыдова, Н.П. Кузина
Курганский государственный университет*

В Курганском государственном университете выполняется комплекс исследований по использованию минералокерамики в качестве инструментального материала для рабочей части инструментов. В частности, это относится к разработке технологии выглаживания минералокерамическим инструментом. Недостаточное количество исследований, выполненных по отработке оптимальных режимов процесса выглаживания минералокерамическим инструментом, делает задачу получения математических моделей, позволяющих определить влияние отдельных факторов и их взаимодействия на оптимизируемые параметры, актуальной.

Изучалось влияние режимов выглаживания, по жесткой схеме, на показатели качества поверхности: шероховатость, микротвердость поверхности, глубину упрочненного слоя.

Эксперименты проводились на втулках из стали 40Х и бронзы Бр.9-41. В качестве инструментального материала использовалась керамика на основе Al_2O_3 и Si_3N_4 .

В качестве параметров оптимизации в экспериментальных исследованиях принимались шероховатость поверхности, поверхностная твердость и глубина упрочненного слоя. Основными технологическими факторами в процессе обработки были сила деформирования, подача, скорость и количество рабочих ходов.

В результате математической обработки многофакторного эксперимента получены уравнения, позволяющие судить о степени влияния технологических факторов на параметры оптимизации. Методика обработки приведена в докладе.

Определено, что шероховатость поверхности в наибольшей степени зависит от подачи. На глубину упрочненного слоя наибольшее влияние оказывает сила деформирования, а на микротвердость поверхности оказывают влияние все факторы процесса обработки. Полученные уравнения регрессии позволяют выполнить оптимизацию режимов выглаживания минералокерамическим инструментом.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ОБРАБОТКЕ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

*А.Г. Мосталыгин, Г.П. Мосталыгин, В.В. Марфицын
Курганский государственный университет*

В технологических процессах изготовления деталей машин важная роль принадлежит окончательной обработке, при которой происходит формирование эксплуатационных свойств поверхностного слоя. Поэтому исследования, направленные на совершенствование финишных операций, представляют большой практический интерес.

В настоящей статье приведены результаты экспериментальных исследований износостойкости поверхностного слоя деталей машин, обработанных скоростным чистовым точением и выглаживанием минералокерамическим инструментом. Проводилась обработка наружных поверхностей деталей – тел вращения.

При исследовании качества поверхности, полученной в результате скоростного чистового точения конструкционных сталей 405 и 40X минералокерамическим инструментом, было установлено формирование упрочненной поверхности с высокой износостойкостью / 1 /.

Разработанный режущо-упрочняющий метод обработки на основе инструментальной минералокерамики, получивший название “Высокотемпературная изофазная поверхностная обработка” (ВИПО), был использован ОАО “Русич” (Курганским заводом колесных тягачей имени Д.М. Карбышева) в качестве финишной операции при изготовлении заднего фланца раздаточной коробки и ступицы шкива привода компрессора колесного тягача. Эти детали после обработки методом ВИПО были поставлены на машину и проходили ходовые испытания с целью выявления их работоспособности и надежности.

Ходовые испытания показали, что опытные фланец и ступица по своей работоспособности не уступают серийным. Высокая износостойкость рабочей поверхности фланца и ступицы, обработанных методом ВИПО,

была достигнута при исключении ряда операций из технологического процесса, применяемых при изготовлении серийных деталей. При изготовлении опытных фланцев исключены операции: закалка ТВЧ, шлифование и полирование, а при изготовлении ступицы – шлифование и полирование рабочей поверхности.

Повышение износостойкости поверхностного слоя деталей, обработанных методом ВИПО, объясняется упрочнением поверхностного слоя и формированием в поверхностном слое мелкодисперсной феррито-перлитной структуры с высокой плотностью дислокаций.

При оценке влияния выглаживания минералокерамическим инструментом на износ выглаженной поверхности проводились сравнительные лабораторные испытания. Испытания проводились с использованием машины трения СМЦ-2 методом трения цилиндрической пары ролик-вкладыш.

Износостойкость поверхности оценивалась методом отпечатков. На исследуемую поверхность при помощи микротвердомера ПМТ-3 наносились отпечатки алмазной пирамидой и в процессе испытания поверхности, через определенные промежутки времени замерялась диагональ отпечатка. По изменению (уменьшению) диагонали отпечатка, в течение времени испытаний, делался вывод об интенсивности протекания процесса износа поверхности исследуемых образцов. Образцы (ролики) изготавливались из стали марок 45 и 40Х (НВ – 180-197). Для каждой марки стали были изготовлены две серии образцов.

Первая серия – образцы, подвергнутые чистовому точению минералокерамикой ВОК-60. Вторая серия – образцы, выглаженные минералокерамическим инструментом марки В-3, непосредственно после чистового точения. Вкладыши изготавливались из бронзы БрОСЦ5-12-15.

Режимы чистового точения:

$V = 200$ м/мин; $t = 0,5$ мм; $S = 0,1$ мм/об.

Режимы выглаживания:

$V = 40$ м/мин; $S = 0,05$ мм/об; $K = 1$ – число рабочих ходов инструмента; $Ra = 6,5$ мм – радиус выглаживателя. Заданный натяг (h_3) принимался равным 30, 60 и 80 мкм.

Режимы испытаний:

$P_{уд} = 4 \times 10^{-2}$ Н/мм² – удельная нагрузка; $\tau = 4$ часа – время испытаний; скорость вращения образца – 0,02 м/сек.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. интенсивность износа поверхности выглаженных образцов в 1,6-4,9 раза меньше интенсивности износа поверхности после чистового точения;

2. при увеличении заданного натяга от 30 до 80 мкм происходит умень-

шение интенсивности износа выглаженной поверхности в 3 раза.

Полученные результаты испытаний можно объяснить следующими обстоятельствами. Выглаженная поверхность имеет гораздо большую опорную площадь по сравнению с точенной поверхностью, а также более высокую микротвердость и мелкодисперсную бейнитную микроструктуру.

Проведенные испытания показали, что уменьшился не только износ выглаженного образца – ролика, но также и износ сопряженного с ним бронзового вкладыша.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ ТОНКОМ РАСТАЧИВАНИИ ОТВЕРСТИЯ РЕЗЦАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБРАБАТЫВАЮЩЕМ ЦЕНТРЕ

*В.А. Белозёров
Тюменский государственный
нефтегазовый университет*

При эксплуатации гибкой производственной системы в ней может находиться 3-5 тысяч инструментов. В случае поломки инструментов возникают длительные простои оборудования. Большая часть отказов инструментов связана с разрушением его режущей части. Динамическая прочность режущего инструмента определяется напряженно-деформированным и тепловым состоянием режущего инструмента. Особенно это необходимо при обработке резцами из сверхтвёрдых материалов, которые являются хрупкими по сравнению с твёрдосплавными и их режущие кромки подвержены выкрашиваниям и сколам при обработке на интенсифицированных режимах резания.

На кафедре “Технология машиностроения” проводилось тонкое точение на станках с ЧПУ на оптимальных режимах резания жаропрочных сплавов на никелевой основе сборными резцами из СТМ с резовыми вставками и круглыми двухсторонними неперетачиваемыми пластинами композита 01 (эльбор-Р, эльбор-РМ), композита 05ИТ, композита 10, 10Д (гексанит-Р).

Сборочный расточной резец с вставкой из гексанита-Р, закреплённый в державке, был сконструирован и внедрён в цехе станков с ЧПУ Тюменского электромеханического завода на обрабатывающем центре МС12-250М1 на операции растачивания отверстия втулки из закалённой легированной стали 14Х17Н2, HRC_с 33-39, запрессованной в алюминиевом корпусе электродвигателя, на оптимальном экономическом режиме ре-

зания взамен расточного резца из твёрдого сплава ВК6М.

Экономические критерии оптимальности при обработке на токарных станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах и гибких производственных модулях (ГПМ), принятые в работе: наименьшая технологическая себестоимость обработки поверхности; наибольшая производительность общественного труда при обработке поверхности; наибольшая экономическая эффективность обработки поверхности (прибыль). Последний критерий считается наиболее рациональным.

Тонкое растачивание резцами из композита 10 (гексанит-Р) отверстия втулки на обрабатывающем центре обеспечило величину шероховатости в пределах $Ra=0,2$ мкм, что сравнимо с чистовым шлифованием, тогда как при обработке твёрдосплавными резцами величина шероховатости достигается в пределах $Ra=0,4$ мкм. Применение композита 10 обеспечивает более регулярный микрорельеф поверхности по длине обработки, то есть стабилизацию величины шероховатости обрабатываемой поверхности.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА СОВМЕСТНОГО ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА И СТАЛИ

*В.И. Курдюков, В.К. Коротовских
Курганский государственный университет*

Сочетание материалов “твёрдый сплав - сталь” часто используется в конструкциях пресс-форм, приспособлений, штампов, фильер, в металлорежущем инструменте и т.д. Из-за наличия в паре твёрдого сплава, операцию его совместного шлифования со сталью рекомендуется производить алмазными кругами на органических связках. Однако такие круги имеют рабочую поверхность, недостаточную для свободного размещения и удаления образующейся при обработке стали сливной стружки крупных размеров. Поэтому круги засаливаются, возрастает их расход, что приводит к снижению качества и производительности шлифования.

Анализ работ Грабченко А.И., Дегтяренко Н.С., Захаренко И.П., Рыбицкого В.А., Худобина Л.В., Шепелева А.А. и др. показал, что наиболее рациональным направлением повышения производительности и качества совместного шлифования твёрдого сплава и стали является оснащение операции высокоэффективными кругами. При этом во избежание переустановки, переналадки желательнее совместить черновую и чистовую операции и осуществлять шлифование на одном станке и одним кругом.

Зернистость круга должна обеспечить требуемую шероховатость, межзерновой объем рабочей поверхности - производительность.

Для того, чтобы теоретически обосновать и наметить основные пути повышения производительности за счет оптимизации основных характеристик абразивного инструмента, была установлена взаимосвязь производительности шлифования пары "твердый сплав - сталь" с зернистостью и концентрацией алмазных кругов:

$$Q_{уд} = 3840 \cdot (1 - \varepsilon)^2 d_3 K_{зап} \cdot \sqrt{KM(\alpha)K_p} \cdot V_k, \quad (1)$$

где $Q_{уд}$ - удельный минутный съем металла, приходящийся на единицу ширины круга, мм²/мин; ε - относительное критическое значение глубины заделки режущих зерен ($\varepsilon = 0,2 - 0,7$); d_3 - размер алмазов, мм; $K_{зап}$ - коэффициент заполнения стружкой активной части межзернового пространства рабочей поверхности круга; K - концентрация, %; $M(\alpha)$ - функция, зависящая от коэффициента формы зерен α ; K_p - коэффициент, учитывающий число рабочих зерен; V_k - скорость вращения круга, м/с.

Основу зависимости составляет модель взаимодействия круга с обрабатываемым материалом, учитывающая условие оптимальной заполняемости стружкой межзернового пространства рабочей поверхности алмазных кругов. По аналогии с лезвийным инструментом из всего межзернового пространства предложено принимать в расчет только его активную часть, в которой реально может разместиться сливная стальная стружка. Для плоской задачи активная часть $F_{акт}$ может быть выражена как площадь круга с диаметром, равным среднему вылету зерна над связкой $\Delta_{ср}$, т.е.

$$F_{акт} = \pi \Delta_{ср}^2 / 4. \quad (2)$$

При этом среднестатистический вылет зерен определяется:

$$\Delta_{ср} = (1 - \varepsilon) 1,085 d_3. \quad (3)$$

Анализ полученных формул показал следующее. Производительность шлифования прямо пропорциональна зернистости алмазов d_3 и в меньшей степени (степени 1/2) зависит от их концентрации K . Поэтому варьирование концентрацией при постоянной зернистости является менее эффективным способом повышения производительности, о чем свидетельствует тот факт, что на практике применяют круги только одной - 100%-ной концентрации. Следовательно, основным направлением повышения производительности является увеличение вылета зерен за счет укрупнения зернистости при постоянной концентрации алмазов. Но при увеличении размеров режущих зерен увеличивается шероховатость

шлифуемой поверхности, возрастает нагрузка на каждое зерно, возникает необходимость в дополнительных выхаживающих рабочих ходах или чистовых операциях. С этих позиций наилучшими были бы мелкозернистые круги. Однако снижение зернистости приводит к уменьшению активной части межзернового пространства, а значит и производительности. Повысить производительность шлифования мелкозернистыми кругами рациональнее всего за счет увеличения объемной пористости круга без снижения его прочности. В этом случае круги будут иметь большую активную площадь $F_{акт}$, величина которой возрастет на половину площади, занимаемой порой, и станет равной:

$$F_{акт} = \pi (d_n / 2 + \Delta_{ср})^2 / 4, \quad (4)$$

где d_n - размер поры.

Высокопористые круги, изготовленные по известным способам (а.с.№№948646, 1028493, 1399107, 1400868, 46900, 1189669) обладают низкой износостойкостью и не могут использоваться при совместном шлифовании твердого сплава и стали.

С помощью предлагаемого авторами решения (а. с. №№1355470, 1823348) производительность обработки опытными кругами была повышена в среднем в 2 раза, снижена шероховатость поверхности твердого сплава без появления на нем микротрещин. Все это позволило получить определенный экономический эффект при внедрении кругов оптимальных характеристик в производство.

МЕТОД СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ БОЛТОВ

*В.И. Копырин, В.Я. Герасимов
ДЗАО «Курганстальмост»*

При определении временного сопротивления при испытаниях болтов по схеме пластического растяжения (согласно ГОСТ 1759.4-87) получают отклонения механических характеристик. Точная оценка погрешности получаемых результатов требует большого количества разрушающих механических испытаний. При этом нет конкретных указаний по размеру выборки, при котором обеспечивается необходимая точность контроля. В связи с этим была выполнена статистическая обработка результатов механических испытаний болтов М22х2,5, изготовленных из стали 40Х по технологии предприятия «Курганстальмост» при нарезании резьбы

резьбовыми гребенкам. В опытной партии были подготовлены к механическим испытаниям 50 болтов.

На каждом изделии измеряли средний и внутренний диаметры резьбы и определяли прочность (временное сопротивление) испытанием на растяжение. Полученная при этом база данных была использована при статистической обработке по новому методу - согласно Методическим указаниям РД50-398-83 (Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний. Планирование механических испытаний и статистическая обработка результатов).

Задача планирования механических испытаний заключалась в определении минимального числа объектов, при котором обеспечивается заданная точность или заданная ширина доверительного интервала. При этом оценка значений характеристик распределения механических свойств (по временному сопротивлению осуществляется на основе конечной совокупности ХМС (характеристик механических свойств), полученных при испытаниях конечного числа объектов.

В дальнейших расчетах принималось логарифмически - нормальное распределение в предположении, что определяющее значение в рассеянии ХМС имеют различия в свойствах между объектами. Это справедливо для большинства кратковременных ХМС (включая механические испытания образцов и изделий на растяжение). Удобство применения логарифмически - нормального распределения связано с простотой основной на нем статистической оценки.

Для принятого распределения эта функция запишется в виде:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{\lg x - a_l}{\sigma_l}\right), \quad (1)$$

где a_l - математическое ожидание или выборочное среднее; σ_l - оценка среднего квадратичного отклонения логарифма ХМС.

Параметры распределения α_l и σ_l определяются по формулам:

$$\alpha_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg x_i; \quad \sigma_l = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg x_i - \alpha_l)^2}, \quad (2)$$

где x_i - значения ХМС, найденные при испытании i -го образца; n - число испытанных образцов.

Верхнюю одностороннюю доверительную границу квантиля уровня $p=0,9$ можно определить по формуле:

$$\lg X_p^B = \alpha_l + t_\beta \left[(n-1); z_p \sqrt{n} \right] \sigma_l \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где $t_\beta [k; u]$ - квантиль уровня β нецентрального распределения

Стьюдента; k - степень свободы распределения; $u = z_p \sqrt{n}$ - параметр

нецентральности; z_p - квантиль уровня $p = 0,9$ стандартного нормально-го распределения, который равен 1,28 и является постоянным для всех диаметров резьбы (применительно к механическим испытаниям стержневых крепежных изделий).

При использовании в качестве гипотетического логарифмически-нормального распределения точность оценки квантиля характеризуется условной ошибкой

$$\varepsilon = (\lg X_p^B - \lg x_p) / \sigma, \quad (4)$$

где x_p - точечная оценка квантиля, определяемая по формуле

$$\lg x_p = \alpha_l + z_p \sigma_l. \quad (5)$$

Минимальное число объектов или образцов n , необходимое для оценки квантиля ХМС уровня $p = 0,9$ с условной ошибкой ε , вычисляется как корень уравнения

$$\frac{1}{\sqrt{n}} t_\beta \left[(n-1); z_p \sqrt{n} \right] - z_p = \varepsilon. \quad (6)$$

Расчет минимального числа образцов или минимального размера выборки выполнен по экспериментальным значениям временного сопротивления, определяемого по формуле:

$$\sigma_B = 16p / \pi (d_2 + d_3)^2, \quad (7)$$

где p - разрушающая нагрузка; d_2 и d_3 - средний и внутренний диаметр резьбы.

При механических испытаниях на растяжение опытная партия болтов составляла: $n_o = 50$. Как будет показано далее, такое количество образцов или объектов обеспечивает точность оценки, близкую к высокой точности.

Для каждого значения ХМС $X_i = \sigma_B$ были определены параметры $\lg X_i$, а по ним все остальные характеристики распределения:

$$a_l = 2,0808, \quad \sigma_l = 0,009, \quad \lg x_p = a_l + z_p \sigma_l = 2,0923.$$

Верхняя доверительная граница квантиля уровня $p=0,9$ составила:

$$\lg X_p^B = a_l + t_\beta [(n-1); z_p \sqrt{n}] \sigma_l / \sqrt{n} = 2,0808 + t_\beta [49; 9,05] \times 0,009 = 2,0948. \quad (8)$$

Относительная ошибка составила:

$$\varepsilon = (\lg X_p^B - \lg x_p) / \sigma_l = 0,278. \quad (9)$$

Корень уравнения (6) представляет собой размер n выборки. При решении этого уравнения принимается последовательно ряд значений n до совпадения табличного значения квантиля $t_\beta[k; u]$ с расчетным значением $(\varepsilon + Z_p) \sqrt{n}$.

Для принятых условий испытаний и с учетом полученных результатов размер выборки составил: $n=42$. Это значение равно минимальному размеру выборки для проверяемых болтов при доверительной вероятности $p=0,9$. При таком размере выборки гарантируется высокая точность оценки и стабильность механических свойств для всей программы выпуска болтов при условии, что не изменяются технологические параметры.

Полученное расчетное значение n согласуется с рекомендуемым значением выборки, которое для высокой точности оценки (при $\varepsilon=0,3$) составляет: $n=50$. Для меньших значений точности оценки соответственно уменьшается размер выборки. Так, при $\varepsilon = 0,5$ (средняя точность) $n = 23$ при $\varepsilon = 0,1$ (низкая точность) $n = 9$.

В целом, следует отметить высокую эффективность рассматриваемого метода статистической обработки результатов механических испытаний, его большую информативность и широкие технологические возможности.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТВЕРДОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В.Я. Герасимов, Л.Г. Сысолятина
Курганский государственный университет

Метод твердости широко применяется в технологических исследованиях для контроля механических свойств деформируемых металлов. Особое распространение данный метод получил при определении пластических и прочностных характеристик холоднодеформированной стали. В этой связи можно рассматривать некоторые технологические особенности применения метода при оценке деформационного и упрочняю-

щего эффекта при холодном пластическом деформировании стальных заготовок с выходом на параметры качества получаемых изделий.

Среди классических методов определения твердости можно выделить следующие:

- упругое вдавливание, соответствующее упругому деформированию металла при внедрении твердого индентора;
- пластическое вдавливание твердого индентора при создании в зоне отпечатка локализованного деформационного поля;
- определение пластических и прочностных свойств металла царапанием (например, закаленной стальной иглой);
- длительное вдавливание шарового индентора при испытаниях ползучести.

Каждый из названных методов целесообразно применять с учетом его технологических возможностей и особенностей контроля, марки стали и ее структурного состояния, вида и целевого назначения изготовленных изделий.

Для оценки технологических возможностей контроля механических свойств металла по твердости можно привести обобщающую информацию, относящуюся к определению основных или базовых характеристик холоднодеформированной стали.

1. Определение предела текучести

Для конструкционных легированных сталей перлитного и мартенситного структурных классов по результатам статистической обработки экспериментальных данных получены линейные зависимости между пределом текучести и твердостью по Бриннелю /1 /:

$$\sigma_{0,2} = 0,367 \text{ HB} - 240 \quad (\text{HB} \gg 1500 \text{ МПа}),$$

$$\sigma_{0,2} = 0,2 \text{ HB} \quad (\text{HB} \ll 1500 \text{ МПа}).$$

Следует отметить, что такой метод определения предела текучести для деформированных сталей можно использовать только в приближенных расчетах.

2. Определение временного сопротивления

В практических расчетах можно пользоваться приближенной формулой, устанавливающей связь между временным сопротивлением (пределом прочности) и твердостью по Бриннелю для конструкционных углеродистых низколегированных сталей

$$\sigma_B = 0,345 \text{ HB}.$$

Для аустенитных сталей (при HB - 1400 - 3400 МПа) получена линейная зависимость

$$\sigma_B = 0,3 \text{ HB} + 140.$$

Для наклепанных (пластически упрочненных) сталей твердость в на-

правлении волокон ниже, чем в перпендикулярном направлении, причем эта разница уменьшается как при малых, так и при больших значениях пластической деформации.

3. Определение предела выносливости

Установлена четкая связь между пределом выносливости и другими механическими характеристиками, например, твердостью. Так, для низколегированных сталей перлитного класса предел выносливости можно определять по такой зависимости

$$\sigma_{-1} = 0,1 \text{ HB} + 100.$$

Комплексные исследования с применением метода твердости в технологии высадки и штамповки стержневых крепежных изделий выполнены В.Я. Герасимовым и пригодны для широкого технологического применения при упрочняющей и формообразующей обработке [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марковец М.П. *Определение механических свойств металлов по твердости*. - М.: Машиностроение, 1979. - 191 с.
2. Владимиров Ю.В., Герасимов В.Я. *Технологические основы холодной высадки стержневых крепежных изделий*. - М.: Машиностроение, 1984. - 120 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ ПРИ ОСАДКЕ ЦИЛИНДРОВ ИЗ КАЛИБРОВАННОЙ СТАЛИ

Г.П. Мостальгин, О.В. Герасимова
Курганский государственный университет

Калиброванная прутковая сталь широко применяется при изготовлении крепежных изделий (болтов, винтов, гаек и др.) холодной объемной штамповкой. При этом схема пластического сжатия металла является одной из основных технологических схем и соответствует формообразованию головки или буртика на стержневом изделии. Кроме того, схема сжатия металла является составной частью в более сложных технологических переходах, например, при выдавливании резьбового профиля, шлицев, зубчатых колес, а также при волочении и редуцировании в жестких конических матрицах.

При построении диаграммы напряжений сжатия $\sigma_{\tau} = P/F_0$ при осадке цилиндров из калиброванного металла возникают затруднения в определении начального предела текучести, который соответствует началу пластического сжатия образцов и пластического течения металла (здесь P - сила сжатия образца; F_0 - площадь поперечного сечения исходного ци-

линдра). Это обусловлено тем, что на экспериментальных графиках зависимости напряжения от степени деформации сжатия $\sigma_{T-} = \Phi(\varepsilon_z)$ практически невозможно определить начальное напряжение (начальный предел текучести). Поэтому в данной работе рассмотрен новый метод определения начального предела текучести, основанный на обработке указанных графических зависимостей при фиксированных и малых значениях степени деформации сжатия $\varepsilon_z = \ln(h_0/h) = 0,01$ и $0,05$ (что соответствует пластическому сжатию цилиндрических образцов на 1 и 5 %). Здесь h_0 и h - высота исходного и деформированного образца. Именно при таких небольших степенях деформации сжатия начинается видимое пластическое течение металла практически во всем объеме деформируемых цилиндров /1/.

Определение начального предела текучести имеет не только научный, но и практический интерес, так как от начального условия пластического течения калиброванного металла зависит локальное и интегральное упрочнение металла в деформированном объеме. Особое значение это имеет при исследовании эффекта Баушингера, который заключается в частичном изменении (как правило, в уменьшении) пластических и прочностных свойств металла при изменении знака холодной пластической деформации /2,3/. Технологический процесс холодной объемной штамповки крепежных изделий из калиброванной прутковой стали осуществляется по схеме, когда металл при волочении деформируется пластическим растяжением с последующим изменением знака при формообразовании головки или буртика на изделии. Аналогичный эффект проявляется при осадке цилиндрических заготовок в процессе холодной штамповки гаек из калиброванного металла.

Результаты обработки опытных данных при ступенчатой осадке цилиндрических образцов из калиброванной стали 10 кп представлены на рисунке 1. В процессе предварительной обработки металла по схеме волочения обжатие $\varepsilon = 2\ln(d_0/d_1)$ изменялось в большом диапазоне при изменении каждого последующего обжатия в среднем на 5% (d_0 и d_1 - диаметры исходного и деформированного прутка).

Из рисунка видно, что относительный предел текучести σ_T / σ_{T_0} (при соотношении с пределом текучести для отожженного металла) изменяется немонотонно при увеличении обжатия. При этом можно выделить экстремальную зону обжатий ее порядка 0,22-0,26, когда достигаются максимальные значения предела текучести. При увеличении степени деформации сжатия в 5 раз (от 0,01 до 0,05 или от 1 до 5%) величина относительного предела текучести уменьшается в среднем на 7% (для экстремального диапазона обжатий). Именно по отношению пределов текучести для деформированного и исходного - отожженного состояния калиброванной стали можно выполнять сравнение пластических и де-

формационных свойств металла и устанавливать диапазон экстремальных обжатий.

При достижении экстремальных обжатий (их можно назвать предельными обжатиями) исчерпывается ресурс пластических свойств в калиброванных прутках, после чего возможно появление нарушений сплошности металла в центральной зоне прутка - вблизи продольной оси /4/.

Применение полученных результатов позволит назначать рациональные величины обжатий при волочении прутков и изготавливать крепежные изделия с повышенными эксплуатационными свойствами.

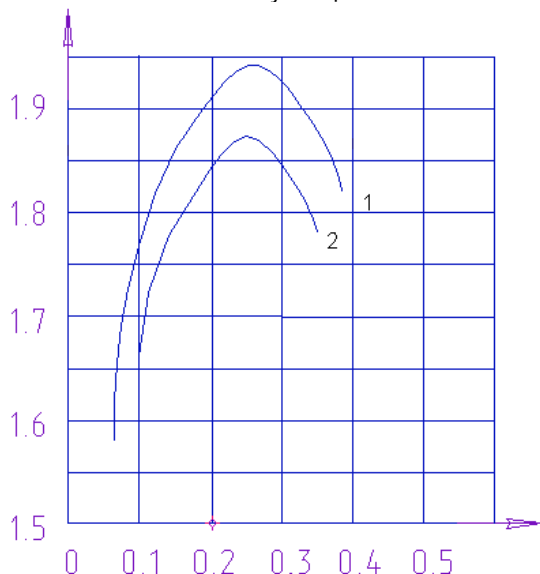


Рис. 1. Изменение относительного предела текучести в зависимости от обжатия при волочении стали 10кп:

1 - степень деформации сжатия 0,01;

2 - степень деформации сжатия 0,05

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов В.Я. О связи между эффектом Баушингера и равномерностью упрочнения металла при осадке цилиндров. - Изв. вузов. Черная металлургия. 1979. - № 12. - С. 52-55.
2. Герасимов В.Я. Исследование эффекта Баушингера при знакопеременной пластической деформации калиброванной стали. - Изв. АН СССР. Металлы. - 1980. - № 4. - С. 171-173.
3. Герасимов В.Я. Изменение физико-механических и эксплуатационных характеристик калиброванной стали при проявлении эффекта Баушингера. - Изв. АН СССР. Металлы. - 1983. - № 1. - С. 112-115.
4. Цимерман Ц., Авицур Б. Исследование влияния деформационного упрочне-

ния на образовании внутренних разрывов при волочении и редуцировании. - Конструирование и технология машиностроения: Тр. американского общества инженеров-механиков. - М.: Мир, 1970. - № 1. - С.137-148.

РАСЧЕТ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ГТД СЛОЖНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОРМЫ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

О.В.Семенов

Рыбинская государственная
авиационная технологическая академия

Обработка деталей ГТД сложной пространственной формы (осецентробежные моноколеса, лопаточные диффузоры, лопатки и т.д.) представляет определенную трудность при расчете управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ. Сложность задачи заключается в том, что, во-первых, при конструировании технологические параметры детали не являются основополагающими, во-вторых, полагая в основу конструкторской стадии проектирования оптимальные газодинамические, прочностные и прочие параметры деталь обычно получается не технологичной.

С появлением многокоординатных обрабатывающих центров возникла необходимость в специализированных системах для расчета УП. В настоящее время наметился переход от так называемых пакетов прикладных программ к более глобальным системам. Примером такой системы служит система "UNIGRAPHICS" ("UG").

Система позволяет рассчитывать траекторию движения инструмента в процессе обработки, предоставляя технологу набор шаблонов операций, в зависимости от этапа обработки (черновой, чистовой) и типа обрабатываемой поверхности (плоскость, полость, набор сложных поверхностей).

Сложность при расчете УП в данном случае заключается в ручном назначении как геометрии инструмента, траектории его движения, так и подборе режимов резания. Цель научных исследований, проводимых автором, заключается в расчете режимов резания, применительно к конкретным условиям обработки (этапа обработки, материала и т.д.) и теоретическому определению погрешности обработки. Подбор оптимальной пространственной конфигурации и геометрии инструмента проводится на основе анализа обрабатываемых поверхностей детали, а также с учетом пространственных эволюций инструмента в процессе обработки. При расчете УП система позволяет учитывать до 10-ти параметров концевых фрез. К преимуществам системы "UG" можно отнести встроены

модуль визуализации обработки, позволяющий смоделировать процесс обработки. Также он позволяет контролировать УП на “зарез”. Режимы резания назначаются непосредственно для каждого элемента обработки (подход, заход, первый рез и т.д.). Причем система позволяет использовать изменяющийся в течение прохода шаг и изменяющуюся по ходам подачу. Расчет суммарной погрешности обработки учитывает жесткость технологической системы, температурные деформации детали и инструмента, а также износ режущей кромки фрезы. После отладки УП оператор, обычно, вставляет постпроцессорные команды (например, включение охлаждения, коррекция на длину инструмента, торможение в конце кадра и т.д.).

Последующая обработка текста УП соответствующим постпроцессором позволяет получить текст УП пригодный для вывода на какой-либо носитель или, при наличии интерфейса со станком – сразу загрузить в память станка.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ

*А.А. Крылов
Рыбинская государственная
авиационная технологическая академия*

Разработанные к настоящему времени дислокационно-энергетические основы процесса резания позволяют определять его оптимальные условия, основываясь на минимизации энергетических затрат. Энергетические критерии тесно связаны с износом инструмента, тепловым режимом и качеством поверхностного слоя обрабатываемой детали. Их использование позволяет свести процесс оптимизации к расчетам на ЭВМ оптимальных условий процесса резания, исключая дорогостоящие и трудоемкие экспериментальные исследования.

На кафедре “Технология авиационных двигателей и общего машиностроения” РГАТА предложен способ автоматического управления процессом обработки с обеспечением требуемых показателей качества поверхностного слоя. Суть способа заключается в измерении силы и температуры резания, с последующим преобразованием их значений в энергетический критерий подобия процесса резания, характеризующий энергоемкость процесса обработки. В соответствии с полученным значением этого критерия корректируются режимы обработки в зависимости от заданных параметров качества поверхностного слоя обрабатываемой де-

тали.

Сила и температура в зоне резания определяют выходные показатели качества поверхностного слоя готовой детали. Управление процессом обработки осуществляется путем изменения величин подачи и скорости резания, которые связаны через энергетический критерий подобия A с показателями качества поверхностного слоя.

К настоящему времени создана лабораторная установка, способная осуществлять процесс резания с обеспечением заданных параметров качества поверхностного слоя.

Для использования системы в условиях производства необходимо выполнить работы по определению ее технологических возможностей, в частности диапазонов регулирования скоростей резания и подач, и, соответственно, диапазоны получаемых параметров качества поверхностного слоя. На данный момент проведены эксперименты по осевому точению на системе автоматического управления процессом обработки с обеспечением постоянства остаточных напряжений, параметров шероховатости, износостойкости и контактной жесткости. Работы были проведены для материала заготовки из сплава ЭИ961, материал резца Т15К6.

Испытания проводились на различных режимах резания (изменялись скорость резания, подача, глубина резания) при поддержании некоторого определенного значения энергетического критерия подобия процесса резания A . Предварительно перед проведением эксперимента были выполнены расчеты режимов резания, энергетического критерия A и параметров качества поверхностного слоя по теоретическим зависимостям с использованием ЭВМ. Теоретическая база создания подобного рода программного обеспечения была заложена в работах Силина С.С., Безьязычного В.Ф., Кожинной Т.Д., Чистякова Ю.П., Шаровой Т.В. и других авторов, занимающихся разработками в области применения теории подобия к процессу резания. В результате чего для каждой совокупности режимов резания были установлены определенные значения энергетического критерия, а также значения параметров качества, которые должны быть получены в результате точения на этих режимах.

В результате обработки данных, полученных при проведении эксперимента по точению с использованием системы автоматического управления процессом резания, было выявлено, что эта система позволяет получать постоянные значения параметров шероховатости поверхностного слоя при изменении скорости резания в диапазоне от 0,6 до 1,1 м/с при неизменной подаче, погрешность составляет менее 4%. Изменение подачи от 0,1 до 0,2 мм/об при постоянной скорости резания также незначительно влияет на неравномерность параметров шероховатости поверхностного слоя.

Обработка данных по определению микротвердости поверхностного

слоя в результате точения показала, что при точении с изменением скорости резания, а также с изменением подачи глубина и степень наклепа остаются практически неизменными.

КОМПЛЕКС ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ЛЕНТ

*В.И. Гузеев, А.А. Сырейщиков
Южно-Уральский государственный университет*

Оценка эксплуатационных свойств шлифовальных лент должна производиться комплексом эксплуатационных показателей, т. к. установлено, что один показатель не отражает всех необходимых и достаточных эксплуатационных свойств инструмента в процессе обработки и, следовательно, не может объективно оценить его работоспособность.

НИР кафедры технологии машиностроения ЮУрГУ определены основные методологические положения выбора качественного содержания показателей, необходимых для оценки эксплуатационных свойств гибких абразивных инструментов, в том числе шлифовальной шкурки, которые позволяют выбрать минимальный количественный состав показателей.

При разработке или выборе показателей для правильного отражения физической сущности процессов обработки шлифовальной лентой необходимо введение четкого разграничения выбираемого комплекса показателей по назначению инструмента, т. е. оценка эксплуатационных свойств ленты для черновых и чистовых операций шлифования и полирования должна быть различной в силу различных требований на данных операциях. Основное назначение черновых операций – снятие припуска за оптимально минимальное время, чистовых и полировальных операций – достижение требуемого качества обработанной поверхности за оптимально минимальное время.

Есть также операции, где присутствуют и те и другие требования. Кроме трех названных исходных показателей: схемы, стойкости и качества обработки – для абразивных инструментов большое значение имеет износ. Влияние износа в оценке однослойного инструмента – шлифовальной ленты, менее значительно, чем для инструмента с диаметральным износом.

Необходимым количеством показателей является такое, которое отражает основные требования операции, формирующие экономическую

целесообразность применения инструмента: съём материала, стойкость, износ.

Достаточным количеством показателей является такое, которое определяет динамику и необходимые условия оптимизации процесса: силу и скорость резания; качество обработанной поверхности, определяемое R_a или R_z или глубиной дефектного слоя, или величиной и видом напряжений в поверхностном слое обработанной заготовки и т. д. Для некоторых видов операций достаточным будет то количество показателей, которое отразит, кроме названных, величину критической температуры в зоне резания, определяемую непосредственно или опосредованно по качеству обработки (прижогом и т. д.).

Таким образом, набор эксплуатационных показателей и их состав определяются требованиями технологической операции. При эксплуатации в силу множества разнообразных операций и требований к ним нужен также большой количественный и качественный состав комплекса показателей, из которых в конкретных случаях выбираются необходимые два–три.

По количественному составу эксплуатационных показателей рекомендуется в зависимости от вида операции для шлифовальной ленты следующее:

- для черновых операций – комплекс из двух показателей: приведенной режущей способности q_{np} и периода стойкости τ . Ограничительными показателями здесь являются сила резания и мощность, входящие в показатель приведенной режущей способности q_{np} . Ограничительными критериями стойкости могут являться прижоги на обработанной поверхности, разрушение рабочего слоя ленты и др.;

- для получистовых и чистовых операций – комплекс из трех показателей: q_{np} , τ и шероховатости обработанной поверхности. Ограничительные показатели (сила прижима инструмента и заготовки P , скорость резания V) также отражены в составе приведенных основных показателей. Ограничительными критериями стойкости могут являться прижоги на обработанной поверхности, ухудшение качества поверхности, например, из-за вибраций, падение съема материала q_i до установленного критерия и др.

При сертификационной оценке в испытательной лаборатории при постоянных одинаковых условиях может быть рекомендован такой показатель, как функция режущей способности по времени q_τ , экспериментально получаемая и описываемая экспонентой:

$$q_\tau = q_0 \cdot e^{-\lambda\tau},$$

где q_0 – потенциальная режущая способность ленты при $\tau=0$; λ – коэффициент стойкости.

Графическая интерпретация данной зависимости дает достаточно

полную информацию о количественной оценке процесса ленточного шлифования. Оценивается: τ , Q , q_0 , первоначальный съем q_1 и сам характер зависимости $q_\tau = f(\tau)$.

По качественному составу комплекс эксплуатационных показателей должен удовлетворять следующим основным требованиям: 1) достаточно полно отражать основные параметры режима обработки; 2) обеспечивать возможность получения сопоставимых результатов и простоты в вычислениях; 3) обеспечивать возможность оценки экономической эффективности с использованием показателей; 4) отражать полный перечень требований операции, на которой применяется инструмент.

В докладе приводится структурная схема формирования комплекса показателей эксплуатационных свойств гибкого абразивного инструмента и в том числе шлифовальной ленты.

В комплексе показателей ленты для черновых и чистовых операций включаются такие сопоставимые количественные характеристики процесса обработки, которые отражали бы его как процесс силового и скоростного взаимодействия контактирующих поверхностей (приводятся в докладе в виде таблицы). Например, приведенная режущая способность q_{np} :

$$q_{np} = \frac{\sum_1^n q_i}{\tau \cdot p \cdot v}$$

Физический смысл q_{np} заключается в характеристике скорости съема припуска с заготовки на единицу затраченной работы.

В комплекс показателей ленты для чистовых и полировальных операций, предназначенных для достижения требуемой шероховатости поверхности, включаются такие сопоставимые количественные характеристики процесса обработки, которые отражали бы его как процесс нанесения на поверхность заготовки большого числа рисок и снятия гребешков микронеровностей. Например, шероховатость обработанной поверхности R_a или R_z .

Критериями при установлении периода стойкости инструмента в зависимости от операции для ленты предлагаются: разрушение рабочего слоя до основы (на черновых операциях); снижение скорости съема припуска до установленного уровня на получистовых и чистовых операциях и на операциях, где требования предъявляются к качеству обработки поверхности (отсутствие прижогов, величина дефектного слоя, риски и т. д.).

Для обеспечения требования сопоставимости вводимых показателей эксплуатационных свойств кроме перевода их в удельные – отнесение к единице силы, кроме приведения их к единице площади и скорости необходимо полно и точно воспроизводить все другие условия испытания:

скорость заготовки, характеристику обрабатываемой заготовки, величину исходной шероховатости поверхности и др.

Разработанные комплексы показателей оговаривают минимально необходимое и достаточное количество показателей для оценки свойств гибкого абразивного инструмента.

Выбранный комплекс показателей включен в методику испытаний для определения качества шлифовальных лент при сертификации.

ОЦЕНКА И СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИБКОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

*Н.В. Сырейщикова, А.А. Сырейщиков
Южно-Уральский государственный университет*

Оценка качества гибкого абразивного инструмента при его сертификации в испытательной лаборатории Южно-Уральского государственного университета осуществляется с помощью сформулированного комплекса эксплуатационных показателей методом, разработанным по основному принципу моделирования применяемых на практике схем шлифования гибким абразивным инструментом и приближения условий его испытания к реальным.

В ЮУрГУ на кафедре технологии машиностроения проведено исследование выбранных эксплуатационных показателей и их сопоставление между собой.

Было отмечено, что для однослойного абразивного инструмента (например, ленты) показатель-коэффициент шлифования, широко применяемый для жестких абразивных кругов, не является характерным, так как включает показатель износа ленты. Последний отличается относительной погрешностью. Проведено определение износа ленты двумя способами: линейным с помощью микрометрических инструментов (с точностью 0,001мм) и весовым с помощью технических весов (с точностью 0,01г). В докладе приводятся результаты определения линейного и весового износа ленты при режимах шлифования стали 45 и сплава АКЗМ2 до затупления абразивного слоя и до разрушения рабочего слоя ленты 14А25С. Анализ данных показал существенную нестабильность результатов измерения, оцененных коэффициентом вариации. Нестабильность результатов определения износа характерна для обоих способов измерения, но для линейного способа нестабильность результатов несколько выше, чем для весового способа (в 1,4 –5,7 раза).

Коэффициент шлифования K рассчитывается:

$$K = \frac{Q}{\Delta},$$

где Δ – величина износа инструмента, г; Q – суммарный съем материала, г.

Коэффициент шлифования показывает также большую нестабильность, чем другие эксплуатационные показатели (коэффициент вариации V_K коэффициента шлифования в 2,8–3,0 раза выше коэффициентов вариации V_q режущей способности q и других для одной и той же характеристики ленты). В докладе приводятся сопоставительные статистические таблицы.

На основании изложенного сделан вывод о довольно высокой погрешности методов измерения износа рабочего слоя ленты, и, следовательно, значительной погрешности показателей, определяемых через износ. Поэтому считаем обоснованным не рекомендовать в комплекс показателей оценки качества ленты (и шкурки) эксплуатационные показатели, получаемые через износ и рекомендовать их для оценки инструментов, имеющих диаметральный износ (например, лепестковых кругов), т. е. для инструментов, где величина износа несоизмеримо больше погрешности его измерения.

Был проведен корреляционный анализ для установления зависимости показателей между собой. Установлена довольно тесная корреляционная связь эксплуатационных показателей: суммарного съема Q , режущей способности q , коэффициента шлифования K , приведенной режущей способности $q_{пр}$, от времени шлифования τ . Зависимость – прямая для показателей Q и K , и обратная для показателей q и $q_{пр}$. Коэффициент корреляции r :

$$\begin{aligned} r_{q\tau} &= -0,31 + 0,06; & r_{K\tau} &= 0,45 + 0,11; \\ r_{q_{пр}\tau} &= -0,30 + 0,04; & r_{Q\tau} &= 0,64 + 0,24. \end{aligned}$$

Связь показателей Q и K , Q и q , Q и $q_{пр}$ в большинстве рассмотренных случаев выражается через коэффициент корреляции отличный от нуля:

$$r_{QK} = 0,17 + 0,09; \quad r_{Qq_{пр}} = 0,15 + 0,07; \quad r_{Qq} = 0,29 + 0,10,$$

т. е. не является тесной (и прямолинейной), а наоборот, выражена довольно слабо. Между показателями Q , K , q и $q_{пр}$ отсутствует корреляционная зависимость при получении их на различных режимах шлифования.

В докладе представлены статистические данные для сопоставления стабильности исследуемых показателей, полученных при шлифовании стали 45, лентой 14A25C в рекомендуемом режиме: $V_n = 17,6\text{м/с}$, $P_{yd} = 0,28\text{МПа}$; $W_{oc} = 200\text{с}$; $A_{oc} = 3\text{мм}$, $S = 3,48\text{м/мин}$. Их анализ показывает следующее. Наибольшая стабильность, оцененная коэффициентом вариации V , наблюдается у показателей q , $q_{пр}$ (на одном уровне 1,7–5,7%),

а затем у показателя Q и меньшая у показателя первоначальной режущей способности q_1 . Наименьшая стабильность у показателя K (4 – 16,5%).

Полученные результаты положены в основу выбора комплекса эксплуатационных показателей, применяемых при оценке качества гибкого абразивного инструмента, и включены в методику сертификационных испытаний.

СЕКЦИЯ 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

**ВОЗМОЖНОСТИ СТАНКОВ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ
КЛАССА PCNC***П.Г. Мазеин**Южно-Уральский государственный университет*

Станочные системы ЧПУ на базе специализированных управляющих ЭВМ не соответствуют современным тенденциями развития технологического и вспомогательного оборудования, так как, во-первых, не успевают за развитием и не могут использовать постоянно возрастающие возможности современных информационных технологий, во-вторых, не позволяют решить проблемы пользователей оборудования с ЧПУ и обеспечить в достаточной степени их требования по высокоскоростному резанию, по увеличению точности обработки до ультрапрецизионности, повышению гибкости и надёжности оборудования, сокращению сроков восстановления его работоспособности, обеспечению его компактности, снижению энергоёмкости и стоимости, повышению удобства эксплуатации и обслуживания, в-третьих, не обеспечивают решения глобальных проблем экологичности и истощения ресурсов.

Решение большинства указанных проблем могут быть эффективно осуществлены созданием принципиально новых конструкций оборудования (например, конструкций станков и КИМ типа “гексапод” /1/) и переходом к новому поколению систем ЧПУ на базе персональных компьютеров, т.е. к системам класса PCNC /2/.

Системы PCNC обладают всеми возможностями персональных компьютеров с их быстро развивающимся интерфейсом и увеличивающимся быстродействием, позволяют оперативно установить новые версии программного обеспечения и многозадачных операционных систем, выполнять обработку сигналов любого вида от необходимого количества источников информации, обеспечивать эффективное решение всех задач ЧПУ (технологических, геометрических, логических, терминальных) с использованием на альтернативной основе рациональных алгоритмов, наиболее просто обеспечивать адаптивное управление и отражение информации, в том числе, на виртуальных приборах.

Алгоритмы интерполяции и формирования управляющего сигнала на разгон исполнительного механизма, установившееся движение с заданной скоростью и торможение требуют различного времени реализации и

приводят к различным характеристикам точности обработки изделий. Системы PCNC позволяют учитывать, при наличии алгоритмов управления, исходные и изменяющиеся условия технологического процесса оптимальным образом.

Решение задач сплайновой интерполяции линий третьего и более высоких порядков, двумерных и трёхмерных поверхностей, задач корреляции, наладки и подналадки, диагностирования и восстановления работоспособности станков и систем управления, прогнозировать точность обработки, обеспечивать совместимость и обработку моделей подготавливаемых САП (например, с САП ГеММА- 3Д).

Для отработки программного и аппаратного обеспечения систем ЧПУ класса PCNC на кафедре "Оборудование и инструмент компьютеризированного производства" Южно-Уральского государственного университета создано три токарных и сверлильно-фрезерный станок, управляемые от персонального компьютера /3-7/.

Токарные станки (мало- и среднегабаритные) имеют бесступенчато регулируемый привод главного движения, следящие приводы подач, автоматизированный привод поворота револьверной головки (станки моделей ССм2-Ф3 и Т-3Ф3), автоматизированный привод перемещения пиноли задней бабки (станок модели Т-3Ф3). Сверлильно- фрезерный станок модели НСФ-1Ф3 имеет бесступенчато регулируемый привод главного движения, три следящих, одновременно управляемых приводов подач (две подачи крестового стола и вертикальная подача шпинделя), автоматизированный привод зажима заготовки с регулируемой силой зажима.

Для приводов главного движения и подач использованы двигатели типов РК и ЭДМ, для приводов поворота револьверной головки и перемещения пиноли задней бабки - управляемые асинхронные электродвигатели типа Д- 83.

Использование персонального компьютера и многозадачной операционной системы реального времени позволяет организовать универсальный интерфейс для оператора станка, преподавателя- инструктора и исследователя, позволяющий реализовать все необходимые функции программирования управляющих программ, настройки, наладки и исследований по осуществлению режимов "Ручной", "Автоматический", "Редактирование", их подрежимов и меню. Кроме того, обеспечивается ввод исходных параметров станка и инструмента, заготовки, технических требований чертежа детали, других условий обработки. Система выполняет коррекцию параметров инструмента, а также технологическое диагностирование управляющих программ по ограничениям, связанным с возможностями оборудования, инструмента, с требованиями по точности и шероховатости детали.

Для реализации функций управления и интерфейса пользователя достаточно компьютера с 486 процессором. В докладе показан пример структуры системы компьютерного управления токарного станка.

Система управления полностью цифровая. Производится цифровая обработка данных с датчиков обратной связи, цифровое управление силовыми блоками (усилителей мощности управляющих (отпирающих) импульсов транзисторных ключей), цифровое управление приводами смены инструмента, причём, обработка данных с датчиков обратной связи, с конечных выключателей и формирование кодового задания на приводы в соответствии с управляющей программой и сигналом обратной связи выполняется программно.

Программное обеспечение состоит из трёх основных независимых модулей, работающих параллельно, между которыми обеспечена передача необходимых данных.

Модуль Stanok является главным. Он содержит в себе все необходимые функции и процедуры для управления системой, а также процедуры интерполяции, интерпретации вводимых команд и т. п. Управление модулем выполняется с виртуального пульта. Сообщения об ошибках, определённых данным модулем, появляются на экране в виде модального диалога.

Модуль Main отвечает за управление главным движением. Пользовательский интерфейс модуля содержит опции для ручного задания скорости главного движения.

Модуль CPU является главным окном приложения. Окно представляет собой пульт системы управления, на котором размещены виртуальные кнопки и переключатели.

Программная реализация управления позволяет выполнить программными средствами компенсации люфтов в передачах и учитывать упругие деформации в приводах, а также, не меняя аппаратную часть, изменять параметры законов и сами законы регулирования программного регулятора положения.

Программные имитаторы станка и УЧПУ позволяют выполнить настройку и отработку управляющей программы на виртуальном станке при изготовлении виртуальной детали, а затем переключатся на управление виртуальным станком и производить обработку реальной заготовки.

Для адаптивного управления предусмотрено использование информации о напряжениях и тока в приводах для определения сил и моментов при обработке и последующей оптимизации по заданному критерию.

Эксплуатация станков с системами PCNC, в том числе для обучения операторов, наладчиков, инженеров и магистров, показала их перспективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.Р., Давыдов К.В. Состояние высокопроизводительной обработки резанием // Прогрессивные технологии в машиностроении. Челябинск: ЮрГУ, 1998. – С. 124-137.
2. Сосонкин В.Л., Мартынов Г.М. Современное представление об архитектуре систем ЧПУ типа PCNC//Автоматизация проектирования. 1998, №3. С. 35-39.
3. Шереметьев С.В., Минчаков В.Н., Мазеин П.Г. Решение формообразующей задачи ЧПУ при управлении станком от компьютера// Прогрессивные технологии в машиностроении. Челябинск: ЮрГУ, 1997. – С. 57-68.
4. Серебряков А.Н., Столяров В.С., Мазеин П.Г. Малогабаритный станок с управлением от компьютера// Прогрессивные технологии в машиностроении. Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 111-116.
5. Шереметьев С.В., Мазеин П.Г. Станок модели Т-3ФЗ с компьютерной системой ЧПУ. – Челябинск: ЮрГУ, 1998. – 43 с. – Деп. в ВИНТИ, № 3372-В98.
6. Компьютерный обучающий лабораторно- лекционный стенд "Станок с ЧПУ": Учебное пособие/ П.Г. Мазеин и др. – Челябинск: ЧГТУЮ, 1996. – Ч.1. 135 с.
7. Компьютерный обучающий лабораторно- лекционный стенд "Станок с ЧПУ": Учебное пособие/ П.Г. Мазеин и др. – Челябинск: ЮрГУ, 1998. – Ч.2.- 85 с.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

И.А. Коганов, Е.Н. Валиков
Тулский государственный университет

В последнее время усилия технологов были направлены на создание точных заготовок конических колес с одновременным формированием зубьев. Однако, успех внедрения точных заготовок не снимает проблемы чистовой доработки, которая осуществляется зубостроганием, фрезерованием двумя специальными фрезами или фрезепротягиванием. Ни один из этих способов не в состоянии удовлетворить требованиям современного машиностроения (первые два вследствие крайне низкой производительности, последний - низкой точности). В Тульском государственном университете предложены способ, инструмент и станок шевингования - прикатывания прямозубых конических колес коническими шеверами-прикатниками с трапецеидальными винтовыми стружечными канавками, защищенными авторскими свидетельствами и патентом Российской Федерации. Основой инструмента является коническое зубчатое колесо. И если бы на зубьях отсутствовали винтовые канавки, то та-

кой инструмент выполнял бы функцию прикатника. Винтовая стружечная канавка с трапецеидальным профилем в осевом сечении, пересекаясь с боковыми поверхностями зубьев инструмента, образует режущие кромки, наклоненные в противоположные направления к межосевому перпендикуляру. Резание осуществляется за счет поперечного проскальзывания профилей и внеполюсного зацепления, а перемещение режущей кромки вдоль линии зуба происходит вследствие расположения режущих кромок на поверхности винтовых стружечных канавок.

Разработанный процесс шевингования – прикатывания конических колес целесообразно использовать в двух случаях: для получения парных колес с высокими выходными характеристиками точности. В этом случае традиционно существующий технологический маршрут практически не изменится; при полной модернизации технологического процесса в условиях массового, в отдельных случаях крупносерийного производства. В последнем случае технологический маршрут в корне изменится, так как он предусматривает получение точных заготовок с оформленными зубьями. При этом резко снижается трудоемкость всей механической обработки. Произведенные расчеты технико-экономической эффективности, результаты внедрения в производство, позволяют сделать следующие выводы:

1. Производительность обработки возрастает ~ в 2 раза;
2. Норма расхода материала сокращается на 30...40%;
3. Стабильно достигаются 7...8 степень точности по ГОСТ 1643-81, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,63\text{мкм}$.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТКАЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗУБООБРАБОТКИ ПО ПАРАМЕТРАМ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ

*П.А. Гудков, В.П. Пономарев, С.В. Хрипунов
Курганский государственный университет*

При анализе формирования отказа технологического процесса зубообработки по обеспечению кинематической точности зубчатых колес, наряду с информацией о качественном характере точностных связей, остро стоит проблема количественной оценки уровня их надежности, в зависимости от требуемой точности и погрешностей обработки. Такая оценка позволяет в любой момент времени определить состояние технологической системы, с точки зрения ее точностной надежности.

Однако, используемые в практике методы анализа точности технологий основаны на применении конкретных аналитических или опытно-статистических моделей, что затрудняет разработку эффективных конструкторско-технологических мероприятий по повышению качества зубообработки. Наиболее обоснованным для исследования технологических систем является применение методик комплексного анализа погрешностей, методов теории надежности и статистического моделирования.

В соответствии с этим разработана общая расчетная схема, позволяющая моделировать технологические погрешности и надежность процессов изготовления зубчатых колес в зависимости от процессов и явлений, протекающих в технологической системе и параметров кинематической точности зубчатых колес:

$$F_A(x(t)) = \frac{1}{5} \left[\frac{m_3(t)\sigma_x(t)}{T_x - T_x(t)} + \frac{m_4(t)}{3} + 1 \right],$$

где $F_A(x(t))$ - вероятность отказа технологической системы зубообработки по исследуемому параметру кинематической точности в момент времени t согласно обобщенному распределению А (распределения Грама-Шарлье); $m_3(t)$ - коэффициент асимметрии; $m_4(t)$ - коэффициент эксцесса; $\sigma_x(t)$ - средне-квадратичное отклонение выборочных результатов от их средних значений; T_x - величина допуска на исследуемую погрешность; $T_x(t)$ - величина суммарной исследуемой погрешности.

При разработке расчетной схемы оценки надежности технологических процессов за основу взяты принципы методов Фурье-Бесселя /1/ и суммирования производственных векторных погрешностей /2/, с развитием их применительно к процессу зубообработки.

Технологические погрешности зубообработки характеризуются случайными числовыми характеристиками: $T_x(t)$, $\sigma_x(t)$, $m_3(t)$, $m_4(t)$, определение которых по известным методикам математической статистики связано с большим объемом экспериментальных работ. Для решения этой задачи наиболее целесообразно применение методики статистического моделирования (метода Монте-Карло). При этом определяемая величина погрешности зубообработки представляется в виде математического ожидания функции случайных величин или функционала от случайного процесса формирования структурных составляющих погрешностей. Такая расчетная схема является, в одном случае, формальным математическим описанием процесса функционирования технологической системы и, в другом случае, может выступать в качестве стохастиче-

ческой математической модели процесса, вероятностные характеристики которой адекватны решениям задач математического анализа (моделируемая случайная величина по вероятности должна сходиться с искомой величиной).

Моделируемое значение вероятности отказа:

$$M(F_A x(t))_n = \frac{1}{5N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (m_3(t))_j \cdot \frac{1}{f} \sum_{j=1}^f (\sigma_x(t))_j}{T_x - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (T_x(t))_j} + \frac{\frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (m_4(t))_j}{3} + 1 \right]_j \approx$$

$$\approx \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z \left[\frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (m_4(t))_j + 2.98 \right].$$

Полученную расчетную схему можно считать формальным описанием изучаемой технологической системы, т.е. математической моделью, описывающей формирование отказа технологического процесса. Такого рода модели являются стохастическими, поскольку служат описанием технологической системы, функционирующей в условиях разного рода случайных возмущений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка и повышение параметрической надежности операции зубошлепного шлифования / П.А.Гудков, А.В.Брюхов, В.Н.Высоцкая и др. // Надежность и долговечность зубчатых передач. Тез. докл. студенческой научн. конф. Курган, 1986, С. 25...26.
2. Федорченко Г.П. Суммирование производственных векторных погрешностей. Дисс... канд. техн. наук. - Куйбышев, 1962. - 169 с.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТКАЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗУБООБРАБОТКИ

П.А. Гудков, В.П. Пономарев, С.В. Хрипунов
Курганский государственный университет

Надежность технологии зубообработки по обеспечению требуемых норм кинематической точности зубчатых колес характеризуется процессами и явлениями, носящими случайный характер и имеющими различную скорость протекания во времени. Для каждой технологической операции - при наличии выборки элементов станочной системы и повторяемости циклов обработки зубчатых колес - параметры точности не одинаковы и, следовательно, имеют рассеивание значений. Для конкретизиро-

ванного выражения погрешностей зубчатого венца, формирующихся на различных этапах обработки, при анализе формирования отказа по обеспечению кинематической точности зубчатых колес, разрабатываются графические модели по ее отдельным составляющим, при действии процессов различной скорости.

В соответствии с рекомендациями, изложенными в работах [1,2], разработана принципиальная модель формирования отказа технологического процесса по параметрам кинематической точности зубчатых колес в различных временных сечениях.

Станок и приспособление обладают некоторой геометрической неточностью, неабсолютной статической жесткостью и другими показателями, которые определяют начальную неточность обработки F_0 . Эта неточность наблюдается и в том случае, если отсутствуют процессы, изменяющие точность операции в статическом состоянии средств технологического оснащения.

В начальный момент времени обработки зубчатых колес, быстро протекающие процессы приводят к рассеиванию параметров точности обрабатываемых деталей, в результате чего точность обработки уменьшается на величину F_1 . Через некоторый промежуток времени начинается влияние процессов средней скорости - смещение центра группирования и дальнейшее уменьшение точности обработки на величину $F_2(T_0)$. Эта величина является функцией начального времени обработки T_0 и имеет определенное поле рассеивания.

С течением продолжительного времени T начальные параметры точности ухудшаются на величину $F_3(T)$, вследствие влияния медленно протекающих процессов.

В результате воздействия этих процессов на точность обработки зубчатых колес время до потери заданной точности имеет рассеивание в диапазоне от t_{n-1} до t_n .

Кинематическая погрешность зубчатых колес на какой-либо технологической операции достигнет предельного значения $X_{\text{доп.}}$, в среднем, через отрезок времени $T_{\text{ср.}}$. Это значение времени наступления отказа i -той технологической операции по нормам кинематической точности следует рассматривать как наиболее вероятное.

Суммарная погрешность обработки F_{Σ} - через некоторый промежуток времени функционирования технологического процесса - будет складываться из отдельных составляющих, с учетом их рассеивания:

$$\overline{F}_{\Sigma} = \overline{F}_0 + \overline{F}_1 + \overline{F}_2(T_0) + \overline{F}_3(T).$$

На основе разработанной принципиальной модели формирования отказа технологического процесса зубообработки, могут быть созданы частные графические модели, для конкретных технологических процессов и операций с индивидуальными условиями обработки, которые, с последующей проверкой их адекватности экспериментальным путем, на основе изучения составляющих процессов и явлений, позволят определить реальную картину физического процесса формирования параметров кинематической погрешности зубчатых колес и, следовательно, более объективно оценить уровень надежности технологических процессов зубообработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Пронилов А.С. Точность и надежность станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1982. - 255 с.
- 2.Пронилов А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 591 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИИ ШЕВИНГОВАНИЯ

*П.А. Гудков, В.П. Пономарев, С.В. Хрипунов
Курганский государственный университет*

Шевингование является эффективным методом чистовой обработки незакаленных зубьев прямозубых и косозубых колес. Данная технологическая операция обеспечивает высокую производительность обработки, но не гарантирует стабильного достижения норм кинематической точности зубчатых колес ввиду сложного механизма формирования и трансформирования погрешностей.

На операциях предварительной зубообработки вследствие одностороннего зазора между жестким центрирующим элементом приспособления и базовым отверстием обрабатываемого зубчатого колеса, несовпадения геометрических осей станочного приспособления и планшайбы станка, а также нежесткости технологической системы образуется радиальное биение зубчатого венца, складывающееся из геометрического эксцентриситета и радиальной погрешности формы венца. Дополнительное увеличение данной погрешности происходит при установке зубчатого колеса на шевинговальном станке вследствие погрешностей базиро-

вания, закрепления и положения заготовки /1/.

Таким образом, радиальное биение шевингуемого зубчатого колеса, установленного на жесткой оправке, складывается из двух комплексных погрешностей: погрешности обработки зубчатого колеса на операциях предварительной зубообработки и погрешности установки зубчатого колеса на операции шевингования.

Использование станочных приспособлений с разжимными центрирующими элементами на данных операциях также не обеспечивает достаточно высокой точности установки зубчатого колеса вследствие неравномерной деформации центрирующих элементов /2/.

В процессе шевингования зубчатого колеса происходит перераспределение радиальных погрешностей зубчатого венца в тангенциальные, т.е. переход радиального биения венца в колебание длины общей нормали /3/, в результате чего наблюдается снижение кинематической точности зубчатых колес в 3,7 раза. В соответствии с этим, устранение перехода радиальных погрешностей зубчатого венца в тангенциальные является основным направлением повышения надежности процессов обработки зубчатых колес с использованием операции шевингования.

С целью существенного повышения надежности технологических процессов изготовления зубчатых колес, согласно данному направлению, разработан способ бесцентрового шевингования. За его основу принято положение /4/ о том, что наиболее полно переход радиальных погрешностей зубчатого венца в тангенциальные устраняется в ходе обработки при центрировании деталей по зубьям венца. Кроме того, при непосредственном базировании зубчатых колес при шевинговании по венцу исключается условие образования радиального биения на этой операции.

При бесцентровом шевинговании зубчатое колесо базируется по венцу непосредственно между шевером и двумя свободно вращающимися зубчатыми колесами – эталонами, равнорасположенными относительно друг друга. Предохранение от смещения заготовки вдоль своей оси при обработке осуществляется торцевыми упорами, закрепленными на левой и правой бабках шевинговального станка. Процесс шевингования осуществляется при принудительном вращении шевера и свободном вращении зубчатых эталонов.

Экспериментальная проверка способа бесцентрового шевингования проводилась на станке мод. 5702В на режимах обычного шевингования. В приспособлении использованы эталонные зубчатые колеса 4 степени точности по ГОСТ 1643-81. Результаты проведенного экспериментального исследования показывают, что величина колебания длины общей нормали при обработке зубчатых колес средних модулей ($m = 4 - 6$ мм) изменяется в пределах 0.01...0.05 мм, что обеспечивает повышение точности обработки по сравнению с традиционным шевингованием на 1 - 2 степе-

ни. Радиальное биение, вызванное погрешностью установки зубчатого колеса на операции шевингования, также стабильно уменьшается, поскольку его основным источником является не эксцентриситет между осями зубчатого венца и отверстия, а величина погрешности базирования детали на эталонных зубчатых колесах. Величины погрешностей зубчатого колеса по остальным нормам точности не отличаются от достигаемых при традиционном методе шевингования в жестких и разжимных приспособлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
2. Орликов М.А., Кузнецов Ю.Н. Проектирование зажимных механизмов автоматизированных станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 368 с.
3. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. - М.: Машиностроение, 1972. - 368 с.
4. А.с. 1002128 СССР, МКИ В 23Q 3/06. Способ центрирования зубчатых колес при шевинговании /П.А.Гудков, В.П. Пономарев (СССР). - №3229613/25-08; Заявл. 04.01.81; Оpubл. 07.03.83, Бюл. № 9. - 3 с.: ил.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН В КОРПУСЕ ИНСТРУМЕНТА

*Т.Е. Помигалова, Ю.И. Шаходанов
Тюменский государственный нефтегазовый университет*

Высоким требованиям, предъявляемым современным машиностроительным производством к режущему инструменту, удовлетворяет сборный инструмент со сменными многогранными пластинами (СМИ). За последнее время разработано большое число конструкций инструмента с СМП и организовано их серийное изготовление. Ассортимент сменных многогранных пластин, используемых в резцах и других видах режущих инструментов, весьма разнообразен.

Однако применение сборных инструментов при получистовой и чистой обработке деталей зачастую сдерживается отсутствием результатов исследований и практических рекомендаций о влиянии геометрических форм, классов точности и типоразмеров режущих пластин, способов их базирования и крепления в корпусе сборного инструмента на точность позиционирования вершины СМП и как следствие, на точность настройки и обработки. Важным является решение вопроса о величине погреш-

ности позиционирования СМП при ее повороте или смене, особенно в бесподналадочных настройках при работе на станках с ЧПУ.

Данная работа посвящена изучению вышеназванных вопросов. Были проанализированы имеющиеся данные и получены новые результаты. Для определения погрешности базирования режущей пластины в корпусе сборного инструмента применялась теория размерных цепей. Были составлены конструкторские размерные цепи для определения величины погрешности базирования СМП при двух схемах базирования: в угловой паз и по штифту на примере сборных резцов. Исследовались наиболее распространенные при чистовой обработке формы пластин: 3-4 -гранные и ромбические. В результате решения размерных цепей и геометрических преобразований были выведены формулы, позволяющие рассчитать погрешность базирования режущей пластины в корпусе инструмента при ее установке или повороте. Полученные численные значения сделали возможным провести анализ влияния формы пластины, класса точности ее изготовления и способа базирования на точность позиционирования вершины резца при статической настройке сборного режущего инструмента на размер. Удобство используемого математического аппарата позволило повысить эффективность производимых расчетов, используя ЭВМ.

Итогом работы стали рекомендации по выбору пластин в зависимости от требуемой точности обработки и прогнозирование величины точности позиционирования вершины СМП в корпусе сборного инструмента при статической настройке на станке.

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН В БЕСПОДНАЛАДОЧНОМ СБОРНОМ ИНСТРУМЕНТЕ

*Т.Е. Помигалова, Ю.И. Шаходанов, Е.В. Артамонов
Тюменский государственный нефтегазовый университет*

В настоящее время все более широкое применение при обработке деталей на станках с ЧПУ находят сборные инструменты со сменными многогранными пластинами (СМП). Режущий инструмент, являясь составной частью комплексной автоматизированной системы станка с ЧПУ, оказывает непосредственное влияние на точность обработки.

Одним из основных направлений управления точностью механической обработки является увеличение точности первоначальной настройки. Широкие возможности сборного режущего инструмента позволяют использовать его как взаимозаменяемый в бесподналадочных настройках, реализуя эффект быстрого поворота или смены режущей пластины

по мере ее изнашивания. В этом случае особенно остро встает вопрос обеспечения точности позиционирования пластины в корпусе сборного инструмента. До сих пор этот вопрос остается неизученным, что существенно ограничивает использование преимуществ сборного инструмента, особенно при получистовой и чистовой обработках.

В данной работе исследуется влияние геометрических форм, классов точности и типоразмеров режущих пластин, способов их базирования, крепления и погрешности установки в корпусе сборного инструмента на точность позиционирования вершины пластины в корпусе инструмента.

Применение теории размерных цепей позволило вывести формулы для расчета погрешности базирования СМП в корпусе державки резца. Были проведены также экспериментальные исследования величины погрешности закрепления пластины в корпусе сборных резцов.

Итогом работы стали рекомендации на основе полученных результатов по выбору геометрических форм, классов точности и типоразмеров режущих пластин, способах их базирования и крепления в корпусе инструмента в зависимости от требуемой точности настроечных размеров. Все это позволяет своевременно учесть и снизить влияние ряда погрешностей на точность первоначальной настройки и обработки в целом, что особенно эффективно при использовании взаимозаменяемого бесподналадочного инструмента. Сделаны первые попытки создания электронной базы данных, обеспечивающей автоматизированный выбор сборного режущего инструмента в зависимости от требуемой точности обработки, вида обработки и условий резания.

СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

*П.А. Гудков, В.П. Пономарев, С.Ю. Моисеев
Курганский государственный университет*

Особенностью технологических операций зубообработки является сложный механизм взаимодействия отклонений точности инструмента, оборудования, погрешности установки заготовки, неточностей операций предшествующей обработки и т. д. Поэтому большинство погрешностей, нормируемых по ГОСТ 1643-81, носят комплексный характер и не дают полного представления о причинах и характере их возникновения. В связи с чем необходима разработка подхода, позволяющего дифференцированное представление структуры исследуемых погрешностей зубчатых колес. Наиболее целесообразным является выражение комплекс-

ных погрешностей в виде совокупности типовых структурных составляющих - отклонения размеров, формы и расположения рабочих поверхностей обрабатываемых зубчатых колес.

Выявленные структурные составляющие, например, по нормам кинематической точности представлены в таблице.

Таблица

Нормируемый параметр	Погрешности размера	Погрешности расположения	Погрешности формы
Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{fr}	T_c	$e_r, e_k, F_{\beta r}$	f_{fr}, F_{kr}
Накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_{pr}	T_c	$e_r, e_k, F_{\beta r}$	f_{fr}, F_{kr}
Накопленная погрешность k шагов зубчатого колеса F_{pkr}	T_c	$e_r, e_k, F_{\beta r}$	f_{fr}, F_{kr}
Погрешность обката F_{cr}		e_k	
Радиальное биение зубчатого венца F_{rr}	T_c	e_r, e_k	f_{fr}
Колебание длины общей нормали F_{owr}	T_c	e_k	f_{fr}
Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса F''_{fr}	T_c	e_r	f_{fr}
Наибольшая кинематическая погрешность передачи F'_{ior}	T_c	$e_r, e_k, F_{\beta r}$	f_{fr}, F_{kr}

Анализ структуры комплексных погрешностей зубчатых колес позволил классифицировать их составляющие следующим образом: погрешности размера – допуск на толщину зуба по постоянной хорде (T_c); погрешности расположения поверхностей – геометрический (e_r) и кинематический (e_k) эксцентриситеты зубчатого колеса, погрешность направления зуба ($F_{\beta r}$);

Дифференцированный подход к исследованию структуры комплекс-

ных погрешностей зубчатых колес позволяет установить действующие связи составляющих с технологическими источниками их возникновения и тем самым разрабатывать эффективные конструкторско-технологические методы управления точностью процесса зубообработки.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕКРУГЛЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*С.Г. Лакирев, С.Г. Чиненов, Т.П. Чиненова, С.П. Максимов
Южно-Уральский государственный университет*

Операции обработки точных некруглых цилиндрических поверхностей являются одними из наиболее трудоемких процессов в машиностроении. Такие поверхности могут быть использованы в деталях профильных соединений, которые имеют несомненные эксплуатационные преимущества перед шлицевыми соединениями. Так, например, они в несколько раз долговечнее, обладают меньшими шумовыми характеристиками и металлоемкостью, дешевле (на 40-50%) в изготовлении.

На кафедре ТМСИ Златоустовского филиала разработан новый вид бесшпоночного соединения, сечение которого ограничено замкнутыми кривыми в виде эквидистанты «треугольника Рело» (рис.1.).

Такое сечение, не уступая по несущей способности широко распространенным сечениям в виде РК—профиля, имеет определенные технологические преимущества. Так, для данной кривой были найдены простейшие огибающие, состоящие из дуг окружностей (рис.1.). Использование простых огибающих для задания сложной траектории движения заготовки позволило разработать надежное и простое приспособление для шлифования (рис.2.). Приспособление имеет высокую универсальность за счет использования сборного копира со сменными элементами.

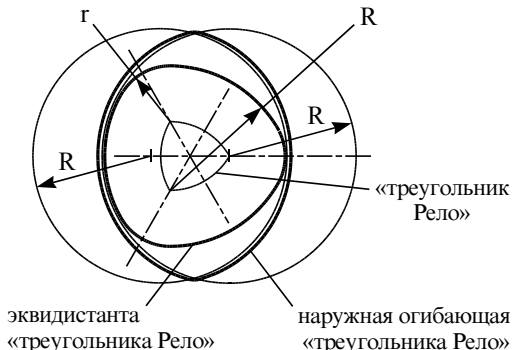


Рис.1. Эквидистанта «треугольника Рело» и ее наружная огибающая

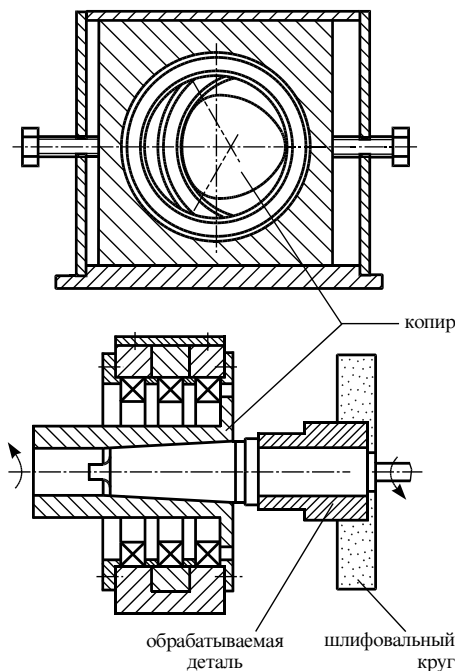


Рис. 2. Приспособление для шлифования наружных некруглых поверхностей

Так как сложное копирное движение задается заготовке, данное приспособление позволяет вести обработку как наружных, так и внутренних некруглых поверхностей на универсальных шлифовальных станках.

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОТЛАДКИ И ДИАГНОСТИКИ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

*С.Г. Лакирев, И.П. Дерябин, А.В. Козлов
Южно-Уральский государственный университет*

Эффективность существующих систем АСТПП, САПР ТП, АСУТП и др. весьма низка в связи с низкой надежностью размерно-точных прогнозов механической обработки. Поэтому после проектирования технологических процессов и их оснащения приспособлениями и инструментами идет длительный и непростой этап промышленных испытаний,

диагностики причин брака, доводки и отладки производства. Особенно растягивается технологическая подготовка производства (ТПП) при производстве деталей, имеющих точные или глубокие отверстия. Дело в том, что математическое моделирование процессов механической обработки отверстий находится в зачаточном состоянии, и ряд скрытых эффектов, возникающих в таких процессах, до сих пор были непонятны, что и вызывало большие трудности при подготовке производства.

В ЮУрГУ разработана не имеющая аналогов система математических моделей процессов механической обработки отверстий /1/. Наиболее полно процесс формообразования отверстия может быть описан системой дифференциальных уравнений, учитывающей наличие всех возможных перемещений и действующих сил, в том числе и инерционных. Рассматривая лишь поперечные колебания, как наиболее существенно влияющие на параметры отверстия, можно свести эту систему к системе из 2-х уравнений. Исследования этих систем показали, что возможен переход от динамической модели к стационарно-жесткостной путем усреднения динамических сил вместе с тангенциальными, т.е. правильные укороченные уравнения из динамических получаются при одновременном отбрасывании тангенциальных сил резания и сил инерции, в стационарно-жесткостной модели остаются только уравнения, содержащие силы упругости и радиальные силы резания. Такие модели представляют собой системы нелинейных разностных уравнений, позволяющих выявить и количественно рассчитать практически все явления и закономерности, происходящие при обработке отверстий многолезвийными инструментами, и на этой основе существенно повысить точность обработки, сократить технологические маршруты, оперативно устранить любые точностные отказы.

Разработанные компьютерные модели позволяют производить расчет отдельных параметров точности и определять степень влияния на точность различных факторов технологической операции: подачи инструмента, геометрии инструмента, точности оборудования и др. /2/. С помощью этой системы вскрыто более 20-ти ранее не известных физических эффектов, приводящих к систематическим погрешностям при обработке отверстий.

Пакет прикладных программ (ППП) содержит все математические модели, позволяющие адекватно описывать следующие технологические переходы: сверление и рассверливание спиральными, перовыми и шнековыми сверлами; зенкерование и развертывание; растачивание плавающими блоками и расточными жестко-закрепленными пластинами; обработка отверстий инструментами одностороннего резания (ружейными сверлами и развертками) /3/. ППП позволяет:

- проектировать технологические процессы как в ручном, так и в ре-

жиме САПР, целенаправленно выбирать основные технологические параметры, а именно конструкцию и геометрию режущего инструмента, режимы резания, технологическое оборудование и т.д. По выбранным параметрам составлять прогноз точности расположения оси отверстия, формы и диаметра;

- проводить компьютерную отладку технологических процессов, во многом заменяющую натурную отладку (при которой расходуется инструмент, металл, энергия и др.), при этом определять технологические параметры, при которых обеспечивается заданная точность обработки, либо же вносятся изменения в маршрут обработки;

- проводить диагностику действующих технологических процессов, позволяющую определить причины и способы устранения брака по точности обработки отверстий;

- использовать как обучающую систему при подготовке и переподготовке специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Козлов А.В. Прогноз, диагностика и устранение точностных отказов при обработке отверстий мерными инструментами: Справочное пособие. - Челябинск: ЧГТУ, 1992.

2.Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Дерябин И.П. Методика компьютерного прогноза точности, диагностики и отладки операций обработки отверстий. // Прогрессивные технологии в машиностроении. Сборник трудов ЧГТУ. - Челябинск, 1996.

3.Лакирев С.Г., Дерябин И.П., Заскалина Е.Н. Моделирование точности при многопереходной обработке отверстий // XVI Российская школа по проблемам проектирования неоднородных конструкций. Миасс, 1997.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА РЕЗАНИЯ

*В.Д. Парфенов
Тюменский государственный нефтегазовый университет*

В докладе изложены обобщения и экспериментально обнаруженные влияния покрытий инструмента на показатели самоорганизующихся процессов резания, износоразрушения и на характеристики продуктов механической обработки.

Применялись два основных технологических приёма - торцевое и цилиндрическое полноресурсные точения.

Торцевое ускоряющееся точение (глубина 0,5 мм, подача 0,075 мм/об) диска из сплава ХН70ВМТЮ (352НВ) режущими пластинами из ЛЦК20 показало, что нитридоциркониевое покрытие уменьшило радиус ступени на торце в 0,93 при 100 об/мин, увеличило от 1,03 до 1,07 при 250, 315, 400 об/мин и в 1,23 раза при 500 об/мин. Пластины из ВК8 с покрытием из нитрида циркония проявили преимущество в 2,47 раза, в первой основной ступени на торце диска, над покрытием из нитридов титана. Пластины из Т15К6 с покрытием из нитридов циркония с ниобием превосходили непокрытую поверхность в 2,52 раза. Следовательно напрашивается рекомендация применять нитридоциркониевое покрытие на более качественных твёрдосплавных пластинах при повышенных скоростях резания.

Динамометрия при цилиндрическом точении валов из сталей 45Х (187 и 243НВ) показала, что лучше работать покрытыми поверхностями и на возможно малых подачах, так как темп увеличения сил резания у покрытых поверхностей выше (при увеличении подачи), чем у непокрытой поверхности, а абсолютная величина составляющих и результирующих сил резания меньше.

Исследование влияния нитридоциркониевого покрытия на величину износа задней поверхности квадратных режущих пластин из ЛЦК20 при цилиндрическом точении заготовок из различных сталей показали, что положительный эффект защиты поверхности можно объяснить повышением износоспротивительного комплекса физических свойств материала поверхности инструмента

$$R_w = f(K_{ic}, \sigma_T, C_p, \lambda, \Delta G^0)_T,$$

функции от температуры (Т), сочетания трещиностойкости (K_{ic}), предела текучести (σ_T), теплоемкости (Ср), теплопроводности (λ), энергии Гиббса Гиббса (ΔG^0).

Отношением износоспротивления (отражающим запас конструктивной энергии поверхности материала инструмента) к износоразрушению (C_w), выраженному через произведение силы резания (Р) на путь резания (L), характеризующему с коэффициентом (В) деструктивную часть работы резания, направленную на износоразрушение поверхности инструмента, получим величину, характеризующую ресурс (R_{es}) работоспособности поверхности, которую можно сравнивать для разных условий или материалов и использовать для прогнозирования ресурса работоспособности поверхности:

$$Res = \frac{R_w}{C_w} = \frac{f(K_{ic} \cdot \sigma_T \cdot \lambda \cdot \Delta G^0)_T}{P \cdot L / B}.$$

Почти двукратное (с 10,9 до 19,6 ГПа) увеличение микротвёрдости поверхности ЛЦК20 нитридоциркониевым покрытием ведёт к менее значимому уменьшению фаски износа при изменениях скорости резания с 1,0 до 3,6 м/с при обработке стали 45 (207НВ). Однако покрытие в 1,5-2,0 раза позволяет увеличить длину точения поверхности с одинаковой шероховатостью Rz 10...80 мкм. Диапазон скоростей резания от 1,6 до 3,0 м/с видится комплексно наиболее предпочтительным в данных условиях получения равной приемлемой шероховатости (Rz порядка 10 мкм) обработанной поверхности детали.

Преимущество покрытия перед непокрытой твёрдосплавной поверхностью можно объяснить способностью к более высокой степени самоорганизации износостойкого состояния структуры, особенно в условиях интенсивного резания, подтверждаемое более высоким комплексом физических свойств, результатами исследований и испытаний.

Состояние поверхности режущей пластины является фактором внешней системы условий для самоорганизации элементов поверхности внутренних систем детали и стружки. Различные нитридные покрытия по-разному влияют на изменение шероховатости обработанной поверхности и на объёмный коэффициент стружки в зависимости от изменения скорости резания.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТЬЁМ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ

*М.Д. Филинков, И.Б. Гилевич, Л.М. Савиных, П.В. Ротермель.
Курганский государственный университет*

Литье под низким давлением (ЛНД) привлекает к себе все большее внимание инженерно-технических работников, которым приходится иметь дело со все более сложными и ответственными деталями, отвечающими требованиям высокой размерной и геометрической точности, герметичности, низкой шероховатости поверхности. ЛНД дает возможность существенно улучшить качество отливок в сравнении с литьем в металлические формы, получать тонкостенные и крупногабаритные изделия. Изготовление подобных отливок другими методами весьма затруднительно.

Спроектированная и изготовленная в металле установка для литья под низким давлением, имеющая автоматическую систему управления, обеспечивает по расчетной циклограмме работу ресивера для создания рабочего давления над зеркалом расплава, манометров, электромагнитных клапанов, электронных реле времени, инжекторов и др.

По результатам контрольных обмеров установлено, что точность

размеров изделий, полученных ЛНД, находится по середине между кокильным литьем и литьем под высоким давлением. Это дало возможность переводить на ЛНД конструкции, ранее изготавливаемые сборкой из листового и профильного проката со стенками толщиной 2-4 мм. Отливки подобного типа, получаемые в песчаных формах, как правило имеют повышенные припуски на механическую обработку и низкий коэффициент использования материала. Подвергаясь многочисленным операциям механической обработки, изготовленные детали отличались высокой трудоемкостью.

Внедрению новой технологии предшествовала кропотливая и трудоемкая конструкторско-технологическая работа. Сложное конструктивное оформление детали, сочетающее массивные и тонкостенные сечения, многочисленные каналы и отверстия, жесткие требования к размерной точности и шероховатости поверхности требовало принятия новых решений по отработке технологичности конструкций, как самой детали, так и литейной прес-формы.

Кристаллизация и затвердевание металла в форме проходили при избыточном давлении 0,5-0,6 атм. в течение 2,5-3,0 мин. Высокая четкость внешней поверхности отливки подтверждает положительную роль избыточного давления, под действием которого кристаллизирующаяся корочка прижимается к формообразующей поверхности матриц. Интенсивное охлаждение и избыточное давление при кристаллизации расплава обеспечили получение мелкозернистой структуры и более высоких механических свойств.

Сравнительные технико-экономические показатели ЛНД детали “Направляющая” из алюминиевого сплава приведены в таблице .

Таблица. Сравнительные показатели процессов

Показатели	До внедрения (сварно-литой вариант)	По новой технологии ЛНД (цельнолитой вариант)	Примечание
Количество исходных деталей на заготовку	12 шт. Из проката и 1-кокильная заготовка	1 – цельнолитая деталь	Сокращение номенклатуры деталей
Масса заготовки, кг	17,0	10,2	Экономия алюминия
Коэффициент использования металла (К _{и.м.})	0,34	0,82	Экономия алюминия
Стоимость заготовки, руб	1370	705	Цены приняты по состоянию на 01.01.99 г.
Стоимость готовой детали, руб	1810	1165	Цены приняты по состоянию на 01.01.99 г.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ МИКРО-ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НОВЫМИ АППАРАТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРИ УПРОЧНЕНИИ НЕЖЁСТКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

С. О. Сухарев
ОАО НИИ "Изотерм", г. Брянск

Одной из задач совершенствования метода электромеханического упрочнения является поиск оптимальности устройств и аппаратных средств реализации данного технологического метода в условиях промышленного производства. В качестве направления повышения эффективности выступает переход на аппаратные средства, позволяющие осуществлять микро-электромеханическую обработку поверхностных слоев при отказе от трансформаторной схемы установки для ЭМО и применении вместо нее схемы на тиристорных высокочастотных преобразователях, что значительно снижает габариты, массу устройства и его стоимость. Конструктивное исполнение в мобильном варианте (устройство переносное) позволяет эксплуатировать установку в комплексе с различным технологическим оборудованием, оснасткой и элементами коммутации.

Для упрочнения поверхностного слоя нежестких цилиндрических деталей обычная оснастка является неприемлемой ввиду упругих отжатий заготовки, что приводит к ухудшению параметров состояния поверхностного слоя. В связи с этим целесообразно использовать установку для микро-ЭМО в комплексе со специальным приспособлением, напоминающим люнет. В нем закреплены три подпружиненных, симметрично закрепленных ролика, к которым подводится электрический ток. Это позволяет избежать деформации нежестких цилиндрических деталей в процессе обработки, повысить производительность процесса за счет трехзаходной схемы упрочнения, т. к. в продольном сечении контактные поверхности роликов смещены друг относительно друга.

В целях достижения требуемых эксплуатационных показателей нежестких цилиндрических деталей производится научно обоснованный выбор и нормирование режимов микро-ЭМО на основе математического моделирования процесса формирования состояния поверхностного слоя и эксплуатационных свойств деталей в процессе микро-электромеханического упрочнения поверхности, а также установление функциональной взаимосвязи между эксплуатационными показателями, параметрами качества поверхностных слоев и режимами обработки.

Серийное применение установки для микро-ЭМО, основными принципами при разработке которой являлись электробезопасность, низкая материалоемкость, экономия электроэнергии, мобильность и удобство в

эксплуатации, широкий диапазон регулирования силы тока, позволит оснастить машиностроительные предприятия эффективным методом повышения эксплуатационных свойств деталей машин.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ТРУДОЁМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

*Г.П. Мосталыгин, Ф.В. Болотов
Курганский государственный университет*

Выбор параметров технологического описания, при оценке трудоемкости на стадии конструкторской подготовки производства, является актуальным, так как, зная значения этих параметров, можно рассчитать трудоемкости изготовления вновь спроектированной детали.

В работе [1] рассматривается один из возможных методов оценки трудоемкости. Суть его заключается в том, что трудоемкость рассчитывается на каждую поверхность детали, а затем суммируется по поверхностям.

При использовании этого метода поверхность представляется параметрами конструкторского описания (габаритные размеры, форма, шероховатость и т.д.). На их основании определяются параметры технологического описания, определяющие объемы и режимы обработки, характеризующие производственные возможности. Опираясь на параметры технологического описания, производится расчет трудоемкости одной поверхности. Из множества параметров технологического описания необходимо выбрать только те, которые будут максимально влиять на величину трудоемкости.

Следует отметить, что основное время, затрачиваемое на обработку поверхности, является исходной информацией для определения трудоемкости. Поэтому целесообразно принять следующее допущение: параметры, максимально влияющие на величину основного времени, будут максимально влиять и на величину трудоемкости. Анализ зависимостей расчета основного времени позволил определить параметры, относящиеся к технологическому описанию. Результаты анализа сведены в таблицу.

Зная необходимые параметры технологического описания, можно установить их количественные значения, опираясь на количественные значения параметров конструкторского описания, заданные чертежом детали. В дальнейшем можно рассчитать трудоемкость обработки поверхности, а затем - трудоемкость изготовления детали в целом.

Таблица. Параметры технологического описания по операциям

Операции	Параметры технологического описания
1. Токарные, расточные и сверлильные	L, D, S_0, V
2. Фрезерные операции	$L, D_{И}, S_z, V, z, z_1$
3. Операции протягивания и прошивки	$L, i, V_{пр.}, V_{всп.}$
4. Зуборезные операции	$L, D, i, S_0, V, z, q, T_z, V_s$
5. Заготовительные операции (отрезка)	L, D, V, V_s
6. Резьбонарезные и резьбофрезерные операции	$L, L_{всп.}, D, P, i, V, n_{всп.}, D_{фр.}, z_{фр.}$
7. Строгальные и долбежные операции	L, S_{2x}, n_{2x}
8. Шлифовальные операции	$L, D, D_{И}, a, i, z, P, S_{2x}, S_B, S_{рад.}, S_0, V, V_S, K, n_{2x}, n_D, n_{BK}, B_K, Q, D_{BK}$

В таблице приняты следующие обозначения: D – диаметр обрабатываемой поверхности; $D_{И}$ – диаметр режущего инструмента; $D_{фр.}$ – диаметр фрезы; L – расчетная длина рабочего хода инструмента; $L_{всп.}$ – длина вспомогательного хода метчика; B_K – ширина шлифовального круга; D_{BK} – диаметр ведущего круга; a – припуск на обработку на сторону; P – шаг нарезаемой резьбы; z – число зубьев зубчатого колеса; z_1 – число шлицев; $z_{фр.}$ – число зубьев фрезы; i – число рабочих ходов инструмента; Q – число одновременно обрабатываемых деталей; q – число заходов фрезы; S_0 – подача на оборот шпинделя; S_z – подача на зуб фрезы, V_s – скорость движения подачи; S_{2x} – подача на двойной ход стола или на двойной ход долбяка; $S_{рад.}$ – радиальная подача на оборот детали; S_B – продольная или поперечная подача на двойной ход изделия; V – скорость резания; $V_{пр.}$ – скорость протягивания; $V_{всп.}$ – скорость вспомогательного хода протяжки; T_z – время обработки одного зуба; $n_{всп.}$ – частота вращения шпинделя при вспомогательных ходах; n_{2x} – число двойных ходов стола в минуту; K – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании; n_D – частота вращения детали; n_{BK} – частота вращения ведущего круга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мосталыгин Г.П. Болотов Ф. В. Оценка трудоемкости механической обработки деталей машин // *Технология и оборудование современного машиностроения: Тез. докл. Всероссийск. молод. научн. - техн. конф.* – Уфа, 1998. – С. 39

РАСЧЁТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Е.П. Грозный, В.Л. Рохин.
Курганский государственный университет*

Технологические системы (ТС) предназначены для создания поверхностей деталей машин с заданными геометрическими параметрами качества. К таким параметрам относятся: точность размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, шероховатость. При обработке поверхностей формообразующие узлы ТС, несущие инструмент и заготовку, совершают определённую траекторию относительного движения. Точность траектории формообразования, её стабильность во времени в значительной степени влияют на достижение заданных геометрических параметров, обрабатываемых деталей. Это и определяет качество ТС технологических операций.

На точность траектории влияют различные факторы: конструктивные (размеры и назначенные допустимые отклонения на эти размеры); технологические (фактически полученные отклонения, сборка, регулировка); эксплуатационные (режимы работы, нагрузка и т.д.). При проектировании элементов ТС, для оценки точности, проводят расчёты допусковых отклонений на основе теории размерных цепей /1, 2/. Возросшие требования к качеству технологических машин и систем вызывают необходимость совершенствовать методы размерных расчётов.

Ряд исследователей /1/ высказывает мнение, что от расчёта линейных и плоских размерных цепей необходимо переходить к расчёту пространственных. Эти цепи наиболее полно характеризуют размерные связи в машинах. Однако методы таких расчётов отсутствуют.

В докладе приводятся результаты исследований по применению переходных матриц для расчёта пространственных размерных цепей. Расчёты проводились для формообразующих узлов станков, технологических систем, технологических операций.

Схема пространственной размерной цепи представлена на рис.1. На базовых поверхностях деталей, входящих в узел (машину), строятся системы координат. Положения этих систем описываются переходными матрицами 4×4 . Деталь 1 (S1) сопрягается с деталью K (SK). Область сопряжения (зазор, натяг, траектория или положение формообразующей режущей кромки инструмента и т.п.) будет иметь некоторую зону рассеяния d из-за нагрузки или погрешностей базирования деталей S1, S2... SK.

Каждая входящая в размерную цепь деталь имеет свои собственные погрешности положения.

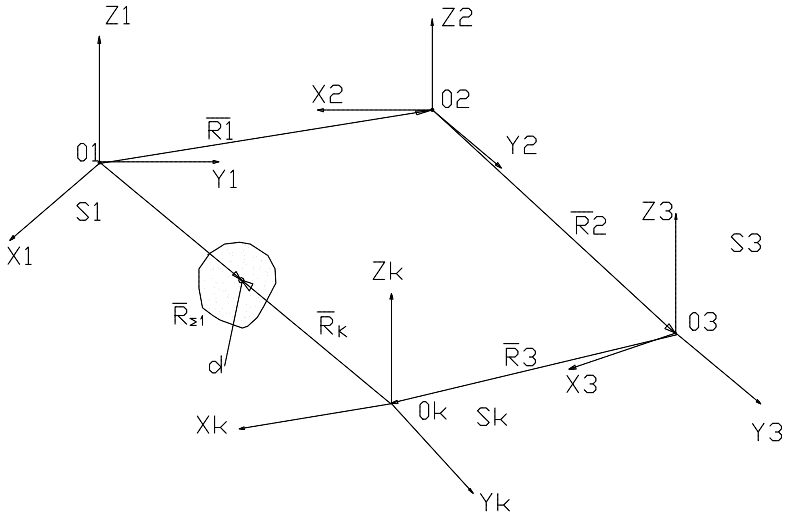


Рис.1. Обобщённая схема пространственной размерной цепи.

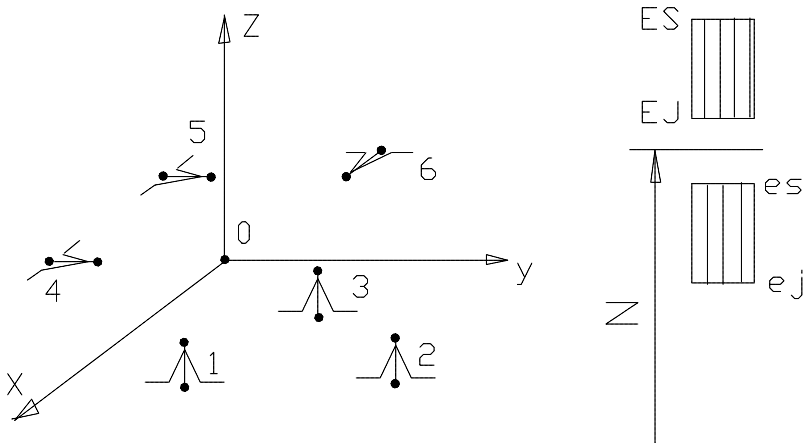


Рис. 2. Схема отклонений опорных точек при базировании детали:
1...6 - опорные точки; ● — ● - отклонение опорных точек от номинального положения.

В общем случае схема погрешности базирования показана на рис.2. Опорные точки имеют отклонения от номинального (N) положения в пределах допусков (EJ, ES, e_i, es). Для описания отклонений тела в пространстве использованы матрицы обобщённых отклонений размером 4×4 .

Математическая модель области отклонений d имеет вид

$$\Delta R_d = E \times A_{21} \times A_{ij} \times \dots \times R_{\Sigma K},$$

где: ΔR_d - отклонение радиус-вектора $R_{\Sigma 1}$ от номинального положения; E – матрица обобщенных отклонений; A_{ij} - переходная матрица; $R_{\Sigma K}$ - вектор, определяющий положение режущей кромки инструмента.

Расчёт отклонений замыкающего звена цепи может производиться как методом максимума-минимума, так и вероятностным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрелец А.А., Фирсов В.А. *Размерные расчёты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений*. М.: Машиностроение, 1998.- 119 с.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. *Расчёт допусков размеров*. М.: Машиностроение, 1992.- 239 с.

РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

В.Л. Рохин, Е.А. Лыткина
Курганский государственный университет

Многооперационные фрезерно-сверлильно-расточные станки предназначены, в основном, для обработки корпусных деталей сложной формы. При обработке требуется обеспечить не только точность размеров и формы, но, часто, и точность взаимного расположения поверхностей: параллельность или перпендикулярность осей растачиваемых отверстий, соосность и т. п. Методы расчета ожидаемой точности обработки до настоящего времени базируются на теории плоских или линейных размерных цепей. Низкая точность таких расчетов заставляет отказываться от их проведения, полагаться на опыт рабочего или технолога.

Применение вычислительной техники при подготовке производства позволяет использовать ее и при расчетах точности обработки. При этом должны использоваться более достоверные методы расчетов, чем имеющиеся. Одним из таких методов является расчет точности обработки на основе переходных матриц.

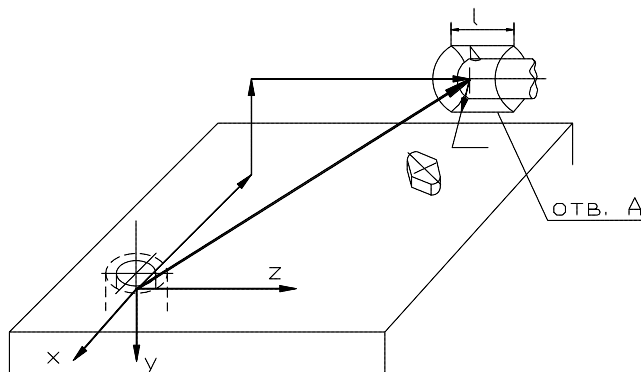


Рис. 1. Расчетная схема операции растачивания отверстия А.

Расчетная схема операции растачивания отверстия А радиусом r_A и длиной l_z показана на рис. 1. Метод расчета включает следующие этапы:

- построение расчетной схемы;
- вывод уравнения обрабатываемой поверхности (номинальное положение);
- определение матрицы отклонений положения деталей при их установке в приспособлении;
- расчет отклонений положений поверхностей от их номинального положения;
- коррекция, при необходимости, допусков на элементы приспособления.

В работе приведены методика и результаты расчетов погрешностей размеров и взаимного расположения поверхностей обрабатываемых отверстий.

Методика применима для условий растачивания отверстий в корпусных деталях на фрезерно-сверлильно-расточных станках при базировании деталей по двум пальцам.

Реальное положение точек поверхности отверстия после обработки описывается выражениями:

$$\begin{aligned}
 x_A &= x_u (\cos \varphi_z + \gamma \sin \varphi_z) - y_u (\sin \varphi_z + \gamma \cos \varphi_z) + x_t - \gamma \cdot y_t - \beta \cdot z_t + \delta_x \\
 y_A &= x_u (\gamma \cos \varphi_z + \sin \varphi_z) + y_u (-\gamma \sin \varphi_z + \cos \varphi_z) - \alpha \cdot z_u + y_t - \gamma \cdot x_t - \alpha \cdot z_t + \delta_y \\
 z_A &= x_u (-\beta \cos \varphi_z + \alpha \sin \varphi_z) + y_u (\beta \sin \varphi_z + \alpha \cos \varphi_z) - \alpha \cdot z_u + z_t - \beta \cdot x_t - \alpha \cdot y_t + \delta_z
 \end{aligned}$$

где x_u, y_u, z_u – координаты вершины инструмента;

x_A, y_A, z_A – координаты начала системы координат отверстия А в системе координат детали;

x_t, y_t, z_t – заменяемые координаты инструмента при его движении;

$\delta_x, \delta_y, \delta_z$ - линейные погрешности, связанные с базированием и закреплением заготовки;

α, β, γ - угловые погрешности, связанные с базированием и закреплением заготовки.

Значения линейных и угловых погрешностей рассчитываются по допускаемым отклонениям на элементы приспособления на основе решения системы уравнений, описывающих положение реальной системы координат, связанной с деталью, относительно ее номинального (идеального) положения.

РАСЧЕТ ФОРМЫ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

*А.Р. Ураков, А.В. Гуцунаев, С.М. Калякина
Уфимский государственный авиационный
технический университет*

Размерная электрохимическая обработка (ЭХРО) находит все более широкое применение в настоящее время, т.к. позволяет обрабатывать любые металлы независимо от твердости; не оказывает теплового и механического воздействия на обрабатываемую деталь; не приводит к износу обрабатывающего инструмента, что позволяет получать сложные формы поверхности с высокой точностью. Развитие ЭХРО в настоящее время задерживается прежде всего сложностью расчета формы обрабатываемой поверхности. При том, что современные методы импульсной ЭХРО позволяют при расчете с допустимой погрешностью принять ряд упрощений: эквипотенциальность электродов, равномерность свойств электролита по всему объему, выполнение законов Ома и Фарадея, задача все равно остается сложной прежде всего из-за нестационарности процесса, так как растворение материала обрабатываемой поверхности приводит к изменению электрического поля в межэлектродном простран-

стве и эпюры напряженности на поверхности обрабатываемого материала, а значит и к изменению условий растворения.

В настоящее время обычно рассматриваются двумерные задачи ЭХО и применяются методы теории функции комплексного переменного. Расчет форм выполняется либо сведением задачи к стационарной, либо методом последовательного решения задач начального формообразования. В первом случае предполагается, что при движении электрода инструмента (ЭИ) в некоторой зоне вблизи ЭИ процесс остается стационарным /1/. Такой метод как ограничен по объему решаемых задач, так и не позволяет оценить изменение формы обрабатываемой поверхности на удаленных от ЭИ участках. Во втором случае рассчитывается эпюра напряженности электрического поля в начальный момент времени и, согласно закону Фарадея, выполняется пошаговый сдвиг обрабатываемой границы вглубь материала (эпюра напряженности рассчитывается на каждом шаге) /1/. Этот чисто численный метод чаще всего плохо сходится, требует большого объема вычислений и дает удовлетворительный результат только при достаточной гладкости нестационарных границ. Предлагаемый численно-аналитический способ такого решения, в свою очередь, решает проблему сходимости, позволяет достаточно быстро получать результаты с хорошей точностью.

Способ решения заключается в том, что форма обрабатываемой поверхности задается в параметрическом виде комплексной функцией $z(u, \tau)$, где u - действительная переменная, значение которой определяет положение точки на границе, τ - время. Краевое условие на искомой границе в процессе размерной ЭХО определяется законом Фарадея, который в терминах ТФКП можно записать в виде /2/:

$$\Delta z = kE\Delta\tau,$$

где $z = x + iy$ - точка, расположенная на начальной поверхности; $\Delta z = \Delta x + i\Delta y$ - приращение координат точки поверхности после обработки, продолжавшейся малый отрезок времени $\Delta\tau$; $E = E_x + iE_y$ - вектор напряженности электрического поля, направленный по нормали к обрабатываемой поверхности; k - коэффициент, определяющий физические условия процесса.

В сообщении показано, что значение частной производной по времени $\frac{\partial z}{\partial \tau}(u, \tau)$ можно рассчитать, решив краевую задачу для аналитической функции с граничным условием

$$-\frac{\partial y}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial \tau} + \frac{\partial x}{\partial u} \frac{\partial y}{\partial \tau} = -k \frac{d\psi}{du},$$

где ψ - функция тока.

Эту краевую задачу удастся решить аналитически сведением к краевой задаче Гильберта-Привалова [3]. С условием, что в некоторый момент времени t_j , форма обрабатываемой границы известна, производится шаг по времени по методу Эйлера

$$z(u_m, \tau_{j+1}) = z(u_m, \tau_j) + \frac{\partial z}{\partial \tau}(u_m, \tau_j) \Delta \tau.$$

По узловым значениям $z(u_m, \tau_{j+1})$ проводится сплайн, который является исходным для расчета частной производной на следующем этапе.

В сообщении приводятся результаты решения этим методом ряда нестационарных задач ЭХРО.

Таким образом, разработан удобный численно-аналитический метод расчета форм обрабатываемой поверхности в ходе нестационарной ЭХРО. Метод нетрудно модифицировать для учета нелинейных характеристик выхода по току и потенциалов поляризации на границах электродов и электролита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клоков В.В. *Электрохимическое формообразование*. Казань: Казанск. университет, 1984. - 80 с.
2. Ураков А.Р. *Автомодельное решение нестационарной задачи электрохимической обработки двумерным электродом - инструментом // Математическое моделирование в решении научных и технических задач*. Уфа: УГАТУ, 1994. - С. 29-32.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. *Методы теории функций комплексного переменного* М. Наука, 1973. С. 736.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ АРОЧНЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС

В.Н. Сызранцев, К.В. Сызранцева, М.Р. Варшавский
Курганский военный институт ФПС России,
Курганский государственный университет

Как известно, цилиндрические передачи с арочными зубьями обладают более высокой нагрузочной способностью и долговечностью по сравнению с цилиндрическими передачами с прямыми и косыми зубьями.

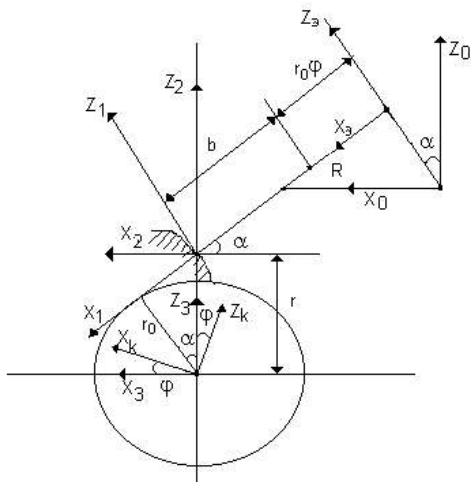
Преимущества передач с арочными зубьями особенно проявляются, когда погрешности взаимного положения зубьев колес в зацеплении вызываются жесткостью корпусов.

Методами теории зубчатых зацеплений исследован способ чистовой обработки арочных зубьев цилиндрических колес круговыми резцовыми головками, оснащенных пластинами из твердого сплава. В процессе обработки резцовая головка совершает осциллирующие движения вдоль оси, наклоненной к оси вращения головки на угол профиля, и согласованно с вращением заготовки колеса совершает поступательное движение. На рисунке показана расчетная схема обработки арочного зуба. Переход к обработке каждой следующей впадины зуба происходит с прекращением процесса резания.

Рассмотрим математическое описание поверхности арочного зуба. Воспользовавшись построениями рисунка, определим матрицу перехода $A_{кз}$, ее элементы:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos(\varphi + \alpha); & a_{12} &= 0; & a_{13} &= \sin(\varphi + \alpha); & a_{14} &= -(r_0\varphi + R\cos\alpha)\cos(\varphi + \alpha) + r\sin\varphi; \\ a_{21} &= 0; & a_{22} &= 1; & a_{23} &= 0; & a_{24} &= 0; \\ a_{31} &= -\sin(\varphi + \alpha); & a_{32} &= 0; & a_{33} &= \cos(\varphi + \alpha); & a_{34} &= (r_0\varphi + R\cos\alpha)\sin(\varphi + \alpha) + r\cos\varphi; \\ a_{41} &= 0; & a_{42} &= 0; & a_{43} &= 0; & a_{44} &= 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где r_0 - радиус основной окружности эвольвенты; r - радиус делительной окружности нарезаемого колеса; φ - угол поворота колеса в станочном зацеплении; α - угол профиля исходной производящей поверхности; u - линейный параметр вдоль образующей цилиндра; θ - угловой независимый параметр; a, b - полуоси эллипса .



Для описания поверхности арочного зуба необходимо раскрыть матричное выражение:

$$r_k = A_{k3} r_3, \quad (2)$$

где r_k, r_3 – матрицы-столбцы, составленные соответственно из проекций координат x_k, y_k, z_k и x_3, y_3, z_3 векторов r_k и r_3 .

Уравнение наклонного цилиндра запишем в виде:

$$x_3 = b \cos \theta; \quad y_3 = a \sin \theta; \quad z_3 = u, \quad (3)$$

где $a=R; b=R \cos \alpha$, R -радиус цилиндрической поверхности, u - линейный параметр. Раскрывая (2), после упрощений запишем:

$$\begin{aligned} x_k &= \cos(\varphi + \alpha) \cos \alpha [R(\cos \theta - 1) - r\varphi] + \sin(\varphi + \alpha) u + r \sin \varphi; \\ y_k &= R \sin \theta; \\ z_k &= -\sin(\varphi + \alpha) \cos \alpha [R(\cos \theta - 1) - r\varphi] + \cos(\varphi + \alpha) u + r \cos \varphi. \end{aligned} \quad (4)$$

Показано, что в исследуемом способе обработки поверхность арочного зуба (4) представляет собой одно параметрическое семейство эллиптических кромок $u=0$. Аналитически доказано, что в любом торцевом сечении $y_k = C = \text{const}$ (в среднем сечении $y_k = 0$) профиль арочного зуба описывается одной и той же эвольвентой.

Рассмотрим задачу расчета главных кривизн любой точки поверхности арочного зуба (4). Главные кривизны K_1, K_2 являются корнями следующего квадратного уравнения:

$$K^2(q_{11}q_{22} - q_{21}q_{12}) - (q_{11}d_{22} + d_{11}q_{22} - q_{12}d_{12})K + d_{11}d_{22} - d_{21}d_{12} = 0. \quad (5)$$

Коэффициенты этого уравнения задаются формулами:

$$\begin{aligned} q_{11} &= x_{k\theta}^2 + y_{k\theta}^2 + z_{k\theta}^2; & q_{21} &= q_{12} = x_{k\theta} x_{k\varphi} + y_{k\theta} y_{k\varphi} + z_{k\theta} z_{k\varphi}; \\ q_{22} &= x_{k\varphi}^2 + y_{k\varphi}^2 + z_{k\varphi}^2; & d_{11} &= m_{kx} x_{k\theta\theta} + m_{ky} y_{k\theta\theta} + m_{kz} z_{k\theta\theta}; \\ d_{12} &= d_{21} = m_{kx} x_{k\theta\varphi} + m_{ky} y_{k\theta\varphi} + m_{kz} z_{k\theta\varphi}; & d_{22} &= m_{kx} x_{k\varphi\varphi} + m_{ky} y_{k\varphi\varphi} + m_{kz} z_{k\varphi\varphi}. \end{aligned}$$

Здесь нижним индексом обозначены частные производные по параметрам θ и φ от проекций координат радиуса вектора r_k , m_{kx}, m_{ky}, m_{kz} - проекции координат орта нормали m_k к поверхности (4).

В результате решения уравнения (5) получено:

$$\begin{aligned} K_1 &= \cos \theta / \{(\cos^2 \theta + \cos^2 \alpha \sin^2 \theta)^{0.5} [\cos \alpha (R \cos \theta - R - r\varphi) - r \sin \alpha]\}; \\ K_2 &= \cos \alpha / \{(\cos^2 \theta + \cos^2 \alpha \sin^2 \theta)^{0.5}\} R. \end{aligned} \quad (7)$$

Анализ показывает, что K_1 определяет кривизну зуба по профилю, а K_2 – по длине арочного зуба. Таким образом для любой точки поверхности арочного зуба (4), задаваемой параметрами θ и φ , по формулам (7) можно рассчитать значения главных кривизн и проанализировать их изменение по всей поверхности (4).

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ УПРОЩЕННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКТАЦИИ ПАРЫ ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОХВАТЫВАЮЩИХ ЗУБЧАТЫХ ЭТАЛОНОВ

*И.А. Коганов, Е.Н. Валиков, А.О. Птачек
Тулский государственный университет*

Сборка редукторов с коническими колесами представляет собой сложную технологическую задачу. В различных отраслях машиностроения технические требования к собранным передачам имеют свою чисто отраслевую специфику. Так например, для транспортных машин очень важными являются показатели плавности хода, низкий уровень шума, пятно контакта и боковой зазор в передаче. Именно для транспортных машин в связи с высокими требованиями в условиях массового выпуска разработаны методические приемы и технологические основы достижения весьма высоких характеристик по указанным показателям.

Задача достижения высоких эксплуатационных показателей в передаче с коническими зубчатыми колесами заключается в выявлении в ней таких размерных цепей, которые оказывают наибольшее влияние на эти показатели. Причем эти размерные цепи являются функционально связанными. Теория функционально связанных размерных цепей в настоящее время подробно разрабатывается, и пример с конической парой в ней является одним из первых. Из теории и практики нам известно, что несовпадение вершин делительных конусов в первую очередь влияет на расположение пятна контакта в передаче.

В массовом производстве (в автомобильной промышленности) есть возможность проверить пятно контакта на контрольно-обкатном станке. Для этого колеса вводят в зацепление и, изменяя монтажное расстояние, опытным путем добиваются наилучших показателей зацепления – бочкообразного симметричного пятна контакта и минимального шума. Затем, зная действительные размеры посадочных мест под колеса, определяют величину компенсаторов для комплектации конической пары, которая является невзаимозаменяемой.

В мелкосерийном и единичном производствах такая система комплектации пары неприемлема по чисто экономическим соображениям. Поэтому здесь используют упрощенные системы, предусматривающие поэлементный контроль параметров колес. Однако все они являются трудоемкими и не обладают достаточной точностью, а главное, не обеспечивают требуемых выходных характеристик передачи.

Нами предлагается упрощенный способ комплектования пары, с помощью которого определяются монтажные расстояния с помощью точно выполненных зубчатых эталонов. В дополнение к этому, также как и в традиционно принятых системах комплектования с помощью контрольно-обкатных станков измеряются недостающие звенья функционально связанных размерных цепей.

При достаточно высокой точности изготовления зубчатого эталона форма отпечатка контактирующих поверхностей зубьев в процессе контроля позволит (косвенно) оценить наладку зубострогальных станков и принять соответствующие меры для ее улучшения.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛОВ ШЕСТЕРЕН

*Н.Н.Толмачевский, А.В.Свалов
Курганский государственный университет*

Размерный анализ – это совокупность расчетно-аналитических процедур, способствующих правильной разработке технологических процессов изготовления деталей с наименьшими затратами живого и овеществленного труда.

В данной работе этот анализ впервые проводился для изготовления деталей групповым методом. Прежде всего была проведена классификация деталей – тел вращения, определена группа из шести валов-шестерен и выявлена комплексная деталь, охватывающая элементы всех поверхностей деталей, входящих в данную группу.

На комплексную деталь разработан групповой технологический процесс с изображением эскизов по каждой операции и указанием на них технологических размеров, непосредственно получаемых на данной операции.

После разработки технологического процесса построена размерная схема с указанием совмещенного эскиза детали и заготовки с припусками. По размерной схеме выявлены размерные цепи с использованием метода теории графов. При этом чертеж детали с конструкторскими и технологическими размерами представлен в виде 2-х деревьев:

- исходного с конструкторскими размерами и размерами припусков;

- производного с технологическими размерами.

Совмещая оба дерева, построен совмещенный граф, где все размерные связи проявляются в явном виде, не прибегая к чертежу детали и операционным эскизам технологического процесса.

В данной работе анализ проведен на примере линейных размеров. Аналогично можно провести размерный анализ и для диаметральных размеров.

Каждый замкнутый контур совмещенного графа образует размерную цепь, у которой ребро исходного дерева – замыкающее звено, а дуги производного дерева – составляющие звенья.

Выявление технологических размерных цепей по графу начинают с двухзвенных цепей, а затем в такой последовательности, чтобы в каждой цепи имелось лишь одно неизвестное звено. На совмещенном графе не должно быть разрывов и пересечений.

Построение графовой модели не только облегчает выявление размерных цепей, но и позволяет обнаружить ошибки в технологическом процессе или на чертеже детали. Каждая размерная цепь образует цикл, в котором одно ребро должно быть ребром исходного дерева (конструкторский размер или припуски), а дуги производного дерева – технологическими размерами.

В технологических размерных цепях число составляющих звеньев редко бывает больше четырех. Поэтому их расчет можно производить по методу полной взаимозаменяемости по известной методике расчета размерных цепей.

По графовой модели на изготовление комплексной детали выявлено 37 уравнений размерных цепей. С использованием этих уравнений рассчитываются размерные цепи для любой детали, входящей в данную комплексную деталь.

Проверка проведенная на конкретных деталях показала, что использование размерного анализа позволяет разрабатывать групповые технологические процессы изготовления деталей, отвечающие техническим требованиям, с минимальными затратами времени и средств, что особенно актуально в условиях современного машиностроительного производства.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПО КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

*М.В. Давыдова, А.В. Гаравдин
Курганский государственный университет*

Повышение конкурентоспособности машиностроительных предприятий в условиях высокой обновляемости продукции в значительной сте-

пени зависит от правильности и обоснованности расчета трудоемкости изготовления новых изделий на стадии конструкторской подготовки производства.

В Курганском государственном университете разработана автоматизированная система оценки трудоемкости изготовления деталей, реализованная в виде книги табличного процессора Microsoft Excel. Программа обработки данных написана на встроенном в Microsoft Excel языке программирования Visual Basic.

Система предназначена для автоматизации исследовательских работ в области прогнозирования трудоемкости изготовления новых деталей на стадии конструкторской подготовки производства.

На первом этапе были установлены основные конструкторско-технологические параметры деталей, на втором этапе – определены наиболее значимые из них, на третьем - разработана математическая модель оценки трудоемкости изготовления деталей.

Математической моделью является аналитическое выражение, показывающее связь между трудоёмкостью изготовления изделия (Y) и определяющими её факторами – конструкторско-технологическими параметрами детали ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$), т.е.

$$Y = F(X_1, X_2, X_3 \dots X_n). \quad (1)$$

Задача состоит в том, чтобы определить характер и степень влияния факторов на функцию. В результате корреляционного анализа, проведенного с помощью пакета Microsoft Excel, была получена корреляционная матрица, содержащая коэффициенты парной корреляции всех переменных.

При отборе факторов учитывались следующие требования:

1. Факторы ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$) не должны находиться между собой в функциональной зависимости.
2. Факторы ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$) должны оказывать существенное влияние на трудоемкость изготовления деталей (Y).

На основе корреляционной матрицы были отобраны факторы, имеющие значимые связи с функцией Y (коэффициент корреляции $r > 0.7$) для последующего включения их в модель.

Уравнение регрессии линейного характера имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n, \quad (2)$$

где Y – значение функции (трудоемкости) при заданных значениях аргументов (независимых переменных факторов - конструктивно-технологических параметров);

b_0 – свободный коэффициент, учитывающий влияние факторов, не включенных в модель;

$b_1, b_2, b_3 \dots b_n$ – коэффициенты регрессии соответственно при $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$;

Таблица. Конструкторско-технологические признаки деталей

Наименование признака	Единицы измерения	Условное обозначение	Математическое обозначение
Масса детали	Кг	M	X_1
Длина	Мм	L	X_2
Ширина	Мм	B	X_3
Количество поверхностей, к которым предъявляются технические требования		TT	X_4
Количество внутренних поверхностей с качеством точнее IT9		Itv	X_5
Количество наружных поверхностей с качеством точнее IT9		Itn	X_6
Количество шлицев на внутренних поверхностях детали		SLv	X_7
Количество шлицев на наружных поверхностях детали		SLn	X_8
Количество зубчатых венцов на внутренних поверхностях детали		Zv	X_9
Количество зубчатых венцов на наружных поверхностях детали		Zn	X_{10}
Количество резьбовых крепежных отверстий		R	X_{11}
Количество шпоночных пазов, лысок		SPL	X_{12}
Параметр шероховатости внутренних поверхностей	Мкм	Rav	X_{13}
Параметр шероховатости наружных поверхностей	Мкм	Ran	X_{14}
Количество отверстий в детали		ND	X_{15}
Количество основных Поверхностей		NP	X_{16}

$X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ – заданные значения независимых переменных (факторов);

Анализ 250 деталей, изготавливаемых на АО “Курганмашзавод”, позволил создать базу данных различных групп деталей с учетом характерных

конструкторско-технологических признаков.

В результате проведения вышеизложенных исследований установлено, что наибольшее влияние на трудоемкость изготовления корпусных деталей оказывают следующие факторы:

- количество сторон обработки (side - X_1);
- количество цилиндрических поверхностей (cyl - X_2);
- количество круговых пазов и канавок (rslot - X_3);
- количество уступов (ledge - X_4).
- количество поверхностей, к которым предъявляются технические требования (tt - X_5);

Все вышеперечисленные факторы были включены в математическую модель оценки трудоемкости изготовления корпусных деталей. Значения коэффициентов $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ с оценкой их значимости определены методом регрессионного анализа. Аналогичные исследования проведены для других групп деталей.

Программа поиска деталей-аналогов использует встроенную процедуру Microsoft Excel "Расширенный фильтр", а для расчета теоретического прогнозируемого значения трудоемкости изготовления детали - функцию "Тенденция()".

Таким образом, анализ статистических показателей свидетельствует о том, что разработанная математическая модель может быть использована для укрупненной оценки трудоемкости изготовления деталей на стадии конструкторской подготовки производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник задач по математике для вузов. Ч. 3. Теория вероятностей и математическая статистика / Под ред. Ефимова. – М.: Наука, 1990. – 428с.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

А.Ю. Цицорина, А.В. Брюхов
Курганский государственный университет

При проектировании групповых технологических операций для обработки деталей на станках с ЧПУ в конкретных производственных условиях возникает необходимость определения станкоемкости обработки по каждому виду оборудования, расчета его количества для проектируемых операций и приведения в соответствии с имеющимся оборудованием на предприятии.

При проектировании групповых операций для расчета количества оборудования можно использовать упрощенный метод условной производительности /1/. Сущность метода заключается в том, что для оценки возможного уменьшения станкоемкости изготовления деталей в новом проектном варианте по сравнению с базовым рассчитывают условную производительность существующего (базового) и проектируемого составов оборудования.

Для этого определяется состав оборудования на операциях по обработке характерных деталей-представителей групп по действующим типовым технологическим процессам. В качестве характерных деталей-представителей групп приняты детали с максимальными габаритными размерами в каждой классификационной группировке /2/. Данные заносятся в таблицу. Структура оборудования проектируемых групповых операций устанавливается на основе имеющегося оборудования с ЧПУ и на основании квалификации проектантов. При этом виды оборудования, применяемые в проектируемом варианте и не используемые на операциях в базовом варианте, дополнительно заносятся в таблицу. Далее в таблице указывается процентное отношение числа единиц каждого вида оборудования по новому варианту к общему числу станков.

Производительность каждого вида оборудования можно выразить с помощью критерия условной производительности h_h , представляющего собой число простых универсальных станков, которые могут выполнить ту же работу, что и каждый из установленных более производительных станков с ЧПУ, она указывается для каждого типа оборудования. Условную производительность, являющуюся безразмерной величиной, для каждого вида оборудования определяют как произведение удельного веса оборудования данного вида в структуре на условную производительность одной его единицы, она также указывается в таблице по базовому и проектируемому вариантам в зависимости от их доли в процентном выражении.

Далее суммированием определяется условная производительность $\sum_{баз}$ и $\sum_{пр}$ оборудования участка по базовому и проектному вариантам.

$\varphi = \sum_{пр} / \sum_{баз}$ является коэффициентом увеличения условной производительности проектируемого участка групповой обработки деталей на станках с ЧПУ по сравнению с базовым.

Величина, обратная коэффициенту увеличения условной производительности, соответствует коэффициенту ужесточения:

$K_y = 1 / \varphi = \sum_{баз} / \sum_{пр}$, который выражает уменьшение трудоемкости изготовления аналогичных деталей на участке с новой проектной струк-

турой оборудования, предусматривающей большой удельный вес более прогрессивного и высокопроизводительного оборудования по сравнению с базовым вариантом.

Полученное значение коэффициента ужесточения используется для коррекции станкоемкости изготовления деталей изделия по базовому варианту. Таким образом, станкоемкость изготовления деталей на участке групповой обработки с проектной структурой оборудования:

$$T_{c.пр} = T_{c.баз} K_y,$$

где $T_{c.баз}$ – станкоемкость изготовления деталей изделия в базовом варианте.

Общее число станков проектируемого варианта групповой операции

$$C_{п} = \frac{\sum T_{c.пi} N_i}{\Phi_0 K_{з.ср}},$$

где N_i – заданный годовой выпуск каждой из закрепленных за группой деталей; Φ_0 – эффективный годовой фонд времени работы оборудования; $K_{з.ср}$ – средний коэффициент загрузки станков цеха.

Далее в соответствии с принятой структурой оборудования находится число станков каждого типа:

$$C_{пА} = C_{п} A / 100, C_{пБ} = C_{п} B / 100 \text{ и т.д.},$$

где $C_{пА}$, $C_{пБ}$ – расчетное число оборудования вида А, Б и т.д. (Условная производительность станков отдельных видов определяется по данным источников научно-исследовательской литературы).

Приведенный выше укрупненный способ расчета количества оборудования для проектируемых групповых операций имеет преимущество по сравнению со способом экспертной оценки обобщенного коэффициента приведения, так как позволяет обосновать коэффициент ужесточения, увязанный с технологическими предпосылками и структурой проектируемого оборудования, а, следовательно, и с объемом капиталовложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерс А.А., Потапов Н.М., Шулешкин А.В. Проектирование заводов и механосборочных цехов в автотракторной промышленности: Учеб. пособие для студентов механических специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1982. - 271 с.
2. Цицорина А.Ю. Выбор классификационных характеристик при группировании деталей для их обработки по групповой технологии на станках с ЧПУ// Курган. гос. университет. - Курган, 1998. - 34 с.: ил, Библиогр. 12- РУ.- Деп. в ВИНТИ.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Ю.И. Мусеев

Курганский государственный университет

Эффективность функционирования гибких производственных систем (ГПС) в машиностроении во многом определяется на предпроектном этапе, на котором принимаются принципиальные решения по структуре и составу подсистем гибкого автоматизированного производства. Основные затраты падают на средства технологического оснащения, поэтому их рациональный выбор непосредственно влияет на производительность, эффективность и другие показатели ГПС. В докладе рассматриваются вопросы автоматизированного выбора основного и вспомогательного технологического оборудования ГПС машиностроения, прежде всего металлорежущих станков и промышленных роботов (ПР).

Решение поставленной задачи реализуется путем создания автоматизированных баз данных (БД) с использованием вычислительной техники. В основу создания БД положены принципы оперативного изменения структуры и состава данных, интерактивного диалога пользователя с компьютером, гибкого алгоритма выбора.

В соответствии с этим были созданы базы данных по токарным и фрезерным станкам с ЧПУ, многоцелевым станкам типа обрабатывающий центр, а также по промышленным роботам. Все базы данных имеют единую структуру, которая дает возможность проводить расширение списка оборудования, редактирование, удаление ненужных записей. Все манипуляции проводятся в режиме "меню" с возможностью обращения за помощью в выборе управляющих команд. Состав БД позволяет подробно записать большое количество параметров из технической характеристики оборудования, например: наименование станка, размеры рабочей зоны (размеры рабочей поверхности стола, высота центров и т.п.), емкость револьверной головки или инструментального магазина, мощность привода главного движения, класс точности, тип устройства ЧПУ, габаритные размеры и другую информацию. Основное назначение этой части БД - создание электронного справочника с возможностью его оперативной корректировки. Редактирование БД может быть проведено разными способами. Во-первых, значения характеристик вновь вводимых моделей оборудования можно записать в цифровом виде к имеющимся текстовым формулировкам параметров; во-вторых, можно вводить новые параметры, не регламентированные прежними записями и, наконец, допускается вносить данные по вводимым моделям с другим перечнем характеристик.

В программном меню предусмотрена возможность выбора конкретной модели оборудования двояким образом: по каталогу и по параметрам. В первом случае пользователь может последовательно просматривать перечень наименований и моделей станков (промышленных роботов), содержащихся в БД. При необходимости можно вывести на экран таблицу с подробной технической характеристикой интересующего станка или робота. Во втором случае программа допускает возможность выбора станка (ПР) либо по одному, либо одновременно по нескольким параметрам. В этом варианте задаются параметры, по которым проводится автоматический поиск. После подтверждения установок на экран выводится список моделей, которые удовлетворяют выбранным параметрам.

Так, выбор токарных станков производится по критериям:

- соответствие технологических возможностей станка требованиям выполняемой операции;
- соответствие размеров рабочей зоны станка габаритам обрабатываемой заготовки;
- соответствие точности станка требуемой точности обработки;
- соответствие мощности главного привода станка производительным режимам обработки.

В частности, по технологическим возможностям токарные станки разделены на следующие типы:

- центровые станки - для обработки деталей типа валов с отношением $L/D > 3$ (L - длина обрабатываемой заготовки; D - диаметр заготовки);
- патронные станки - для обработки деталей типа дисков и втулок с соотношением $L/D < 3$;
- токарно-револьверные станки - для обработки деталей из прутка и мелких штучных заготовок диаметром до 200 мм;
- токарно-карусельные станки - для обработки крупногабаритных заготовок диаметром более 400 мм;
- многоцелевые токарные станки типа обрабатывающий центр - при обработке деталей типа тел вращения с управлением по координате C (вращающимся инструментом при неподвижной детали).

Для сверлильно-фрезерно-расточного станка в качестве дополнительных параметров, учитываемых при выборе, могут использоваться: вид компоновки (вертикальная, горизонтальная), емкость инструментального магазина и др.

При выборе промышленных роботов учитываются следующие характеристики: грузоподъемность, тип ПР (напольный, подвесной, встроенный), число степеней подвижности, число рук и (или) захватных устройств, тип системы управления.

Разработанные структуры баз данных отличаются простотой пользования, имеют возможности редактирования и пополнения, могут быть

адаптированы существующим САПР технологического назначения. Следует отметить нацеленность разработок на широкое использование в учебном процессе.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А.В. Захаров, Р.Н. Волгин
Курганский государственный университет*

Важнейшими показателями эффективности производства являются конкурентоспособность выпускаемой продукции, её себестоимость и качество. Основы обеспечения эффективности производства закладываются уже при разработке технологии изготовления изделий. При этом необходимо проследить такую последовательность: служебное назначение изделия определяет совокупность требований к конструкции (прочность, точность размеров и относительного расположения отдельных поверхностей, их шероховатость и т. д.), эти требования выдвигают комплекс технологических задач, которые могут быть решены в различных режимах - ручном, автоматизированном, автоматическом.

Необходимость и целесообразность автоматизации решения задач при проектировании механосборочного производства очевидна, она обусловлена рядом общих и частных предпосылок, в том числе и такими, как усложнение задач, трудоемкость их решения, повторяемость, развитие вычислительной техники и др.

Автоматизация решения множества разнообразных частных и комплексных задач (с учетом их детализации) выполняется тремя основными методами - разработка локального программного обеспечения, применение стандартных программных разработок, средствами систем автоматизированного проектирования (САПР). Каждый метод характеризуется определенными возможностями и требованиями к решаемой задаче.

Разработка локального программного обеспечения включает семь этапов - определение задачи, разделение задачи на подзадачи, выбор алгоритма, представление алгоритма, преобразование алгоритма в язык программирования, отладка и тестирование, внедрение и поддержка. Этот метод требует профессиональных знаний в области решаемых задач и определенного уровня компьютерной грамотности. Можно утверждать, что целесообразнее научить инженера программировать свои задачи, чем программисту осваивать профессиональные особенности конкретных задач, тем более, что постановка задачи во многих случаях является

решающим условием эффективности автоматизации решения задач. Существенным преимуществом данного метода является возможность формирования ввода, вывода информации, промежуточных процедур (подсказок, справок) в необходимых форматах. Этим методом, в частности, автоматизировано решение ряда задач учебного назначения – определение количества, степени загрузки и использования станков для условий поточного и непоточного производства, расчет припусков на механическую обработку. Как показала практика, основная трудность заключается не столько в программировании задачи, сколько в грамотной ее постановке и разработке макета решения.

Применение стандартных программных разработок в ряде случаев требует определенной подгонки условий решения задачи под возможности конкретного пакета. Наиболее эффективно этим методом решаются задачи информационного характера - формирование сведений о составе и характеристиках оборудования, оснащения и т.п. (на основе применения систем управления базами данных, в том числе и с элементами программирования), а также подготовка операционных эскизов, чертежей, графиков (с использованием графических пакетов).

САПР, как правило, применяются для решения объемных, комплексных задач, в основном, производственного назначения.

Автоматизировать решение одной и той же задачи во многих случаях можно разными методами. Определяющими условиями являются цель (задача учебного или производственного назначения), состав входной, промежуточной и выходной информации, необходимый макет решения задачи.

СОДЕРЖАНИЕ

В.Н. Орлов, Г.П. Мосталыгин Кафедре “Технология машиностроения” –30 лет	3
Ю.А. Розенберг О становлении научно-исследовательской работы на кафедре ТМСИ	6
В.А. Бубнов Балакшины и машиностроение	9
Д.Г. Ухов Роль систем качества в рыночных условиях хозяйствования	14

СЕКЦИЯ 1. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

А.Г. Суслов, О.А. Горленко, В.П. Инютин Автоматизированное управление режимами электромеханической обработки в процессе упрочнения криволинейных поверхностей трения деталей машин	18
В.Ф. Безъязычный, А.Л. Водолагин К вопросу нормирования параметров поверхностного слоя и режимов обработки с целью обеспечения усталостной прочности деталей ГТД	19
Е.А. Памфилов, А.М. Буглаев, П.Г. Пыриков, А.С. Рухлядко К вопросу о конструктивных путях повышения износостойкости режущих инструментов	21
С.С. Грядунов, В.В. Сиваков К вопросу формирования характеристик поверхностного слоя инструмента при воздействии концентрированными потоками энергии	23
В.И. Плеханов, С.В. Скифский Способ контроля прочности гальванических покрытий на металлической основе	25
П.А. Баитов, В.Н. Орлов Термомеханическое упрочнение деталей инструментами из минералокерамики и сверхтвёрдых материалов	27
С.Г. Лакирев, А.В. Козлов, И.П. Дерябин Исследование состояния металла отводов, получаемых холодной гибкой с раскатыванием	28

В.А. Бубнов, В.А. Вотинов	
Обеспечение точности роторов промышленных центрифуг пластическим деформированием сборочных элементов	30
В.Г. Кузеванов, В.Г. Гусев, И.Р. Блурцян, Д.В. Кочнев	
Выхаживание торцев валов дискретным кругом	33
Ю.Г. Гуревич, В.В. Марфицын	
Исследование свойств термоупрочненных сталей	34
В.В. Марфицын, Г.И. Мосталыгин, В.Н. Орлов, А.Г. Мосталыгин	
Определение возможностей применения термоупрочненных сталей в качестве инструментального материала	35
С.М. Жасимова	
Внедрение поверхностного пластического деформирования в оборонном и тяжёлом энергетическом машиностроении	37
С.М. Жасимова	
Выбор параметров режимов обработки и их расчёт при статико-динамических методах поверхностно-пластического деформирования	39
А.Г. Мосталыгин, П.А. Байтов, В.В. Марфицын	
Выглаживание минералокерамическим инструментом - эффективный метод финишной обработки деталей машин	41
В.В. Марфицын, М.В. Давыдова, Н.П. Кузина	
Определение влияния параметров режимов выглаживания минералокерамическим инструментом на качество поверхности	42
А.Г. Мосталыгин, Г.П. Мосталыгин, В.В. Марфицын	
Повышение износостойкости поверхностного слоя деталей машин при обработке минералокерамическим инструментом	43
В.А. Белозёров	
Повышение технологической эффективности и качества поверхности детали при тонком растачивании отверстия резцами из сверхтвёрдых материалов на обрабатывающем центре	45
В.И. Курдюков, В.К. Коротовских	
Повышение производительности и качества совместного шлифования твёрдого сплава и стали	46
В.И. Копырин, В.Я. Герасимов	
Метод статистической обработки результатов механических испытаний болтов	48
В.Я. Герасимов, Л.Г. Сысолятина	
Применение метода твёрдости в технологических исследованиях	51
Г.П. Мосталыгин, О.В. Герасимова	
Изменение предела текучести при осадке цилиндров из калиброванной стали	53

О.В. Семёнов Расчёт условий обработки деталей ГТД сложной пространственной формы концевыми фрезами	56
А.А. Крылов Применение системы автоматического управления процессом обработки	57
В.И. Гузеев, А.А. Сырейщиков Комплекс эксплуатационных показателей для оценки работоспособности шлифовальных лент	59
Н.В. Сырейщикова, А.А. Сырейщиков Оценка и сопоставление эксплуатационных показателей гибкого абразивного инструмента	62

СЕКЦИЯ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

П.Г. Мазеин Возможности станков с системами управления класса PCNC	65
И.А. Коганов, Е.Н. Валиков Новые возможности финишной обработки конических зубчатых колёс	68
П.А. Гудков, В.П. Пономарёв, С.В. Хрипунов Применение статистического моделирования для оценки формирования отказа технологических процессов зубообработки по параметрам кинематической точности	69
П.А. Гудков, В.П. Пономарёв, С.В. Хрипунов Метод исследования формирования отказа технологического процесса зубообработки	71
П.А. Гудков, В.П. Пономарёв, С.В. Хрипунов Повышение эффективности технологических процессов изготовления зубчатых колёс с использованием операции шевингования	73
Т.Е. Помигалова, Ю.И. Шаходанов Теоретический расчёт погрешности базирования сменных многогранных пластин в корпусе инструмента	75
Т.Е. Помигалова, Ю.И. Шаходанов, Е.В. Артамонов Применение сменных многогранных пластин в бесподналадочном сборном инструменте	76
П.А. Гудков, В.П. Пономарёв, С.Ю. Моисеев Структурная идентификация погрешностей зубчатых колёс	77

С.Г. Лакирев, С.Г. Чиненов, Т.П. Чиненова, С.П. Максимов Конструкция приспособления для обработки некруглых поверхностей	79
С.Г. Лакирев, И.П. Дерябин, А.В. Козлов Система компьютерного проектирования, отладки и диагностики операций обработки отверстий	81
В.Д. Парфёнов Повышение эффективности технологических процессов изготовления деталей машин совершенствованием рабочей поверхности инструмента резания	83
М.Д. Филинков, И.Б. Гилевич, Л.М. Савиных, П.В. Ротермель Эффективная технология получения заготовок литьём под низким давлением	84
С.О. Сухарев Реализация принципов микро-электромеханической обработки деталей новыми аппаратными средствами при упрочнении нежестких цилиндрических деталей	86
Г.П. Мосталыгин, Ф.В. Болотов Выбор параметров технологического описания при решении задачи оценки трудоёмкости изготовления изделий	87
Е.П. Грозный, В.Л. Рохин Расчёт пространственных размерных цепей при оценке качества технологических систем	89
В.Л. Рохин, Е.А. Лыткина Расчёт точности обработки деталей на многооперационных станках с применением пространственных размерных цепей	91
А.Р. Ураков, А.В. Гуцунаев, С.М. Калякина Расчёт формы обрабатываемой поверхности при электромеханической размерной обработке	93
В.Н. Сызранцев, К.В. Сызранцева, М.Р. Варшавский Геометрическое исследование способа чистовой обработки арочных зубьев цилиндрических колёс	95
И.А. Коганов, Е.Н. Валиков, А.О. Птачек Перспективы создания упрощённой системы комплектации пары прямозубых конических колёс на базе использования охватывающих зубчатых эталонов	98
Н.Н. Толмачевский, А.В. Свалов Размерный анализ группового технологического процесса изготовления валов шестерён	99
М.В. Давыдова, А.В. Гаравдин Прогнозирование трудоёмкости изготовления деталей по конструкторско-технологическим признакам	100

А.Ю. Цицорина, А.В. Брюхов	
Расчёт потребности технологического оборудования для групповой обработки деталей на станках с ЧПУ	103
Ю.И. Моисеев	
Автоматизированный выбор основного и вспомогательного оборудования гибких производственных систем	106
А.В. Захаров, Р.Н. Волгин	
Автоматизация решения задач механосборочного производства	108

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Информационные материалы региональной научно-технической конференции, посвящённой 100-летию машиностроения Зауралья и 30-летию кафедры “Технология машиностроения” КГУ

Редактор Пойлова О.А.

Компьютерная подготовка Ческидова О.Е.

Лицензия № 020376 от 17 июля 1997 г.

Издательство КГУ
~~2-316-024~~

Подписано в печать

Плоская печать

Формат 80×64 1/16

Бумага писчая

Усл.печ.л. 6,5

Уч.изд.л. 6,5

Заказ

Тираж 150 экз.

Цена свободная

Издательство Курганского государственного университета

640669, Курган, ул. Гоголя, 25

Курганский государственный университет, корпус Б, ризограф