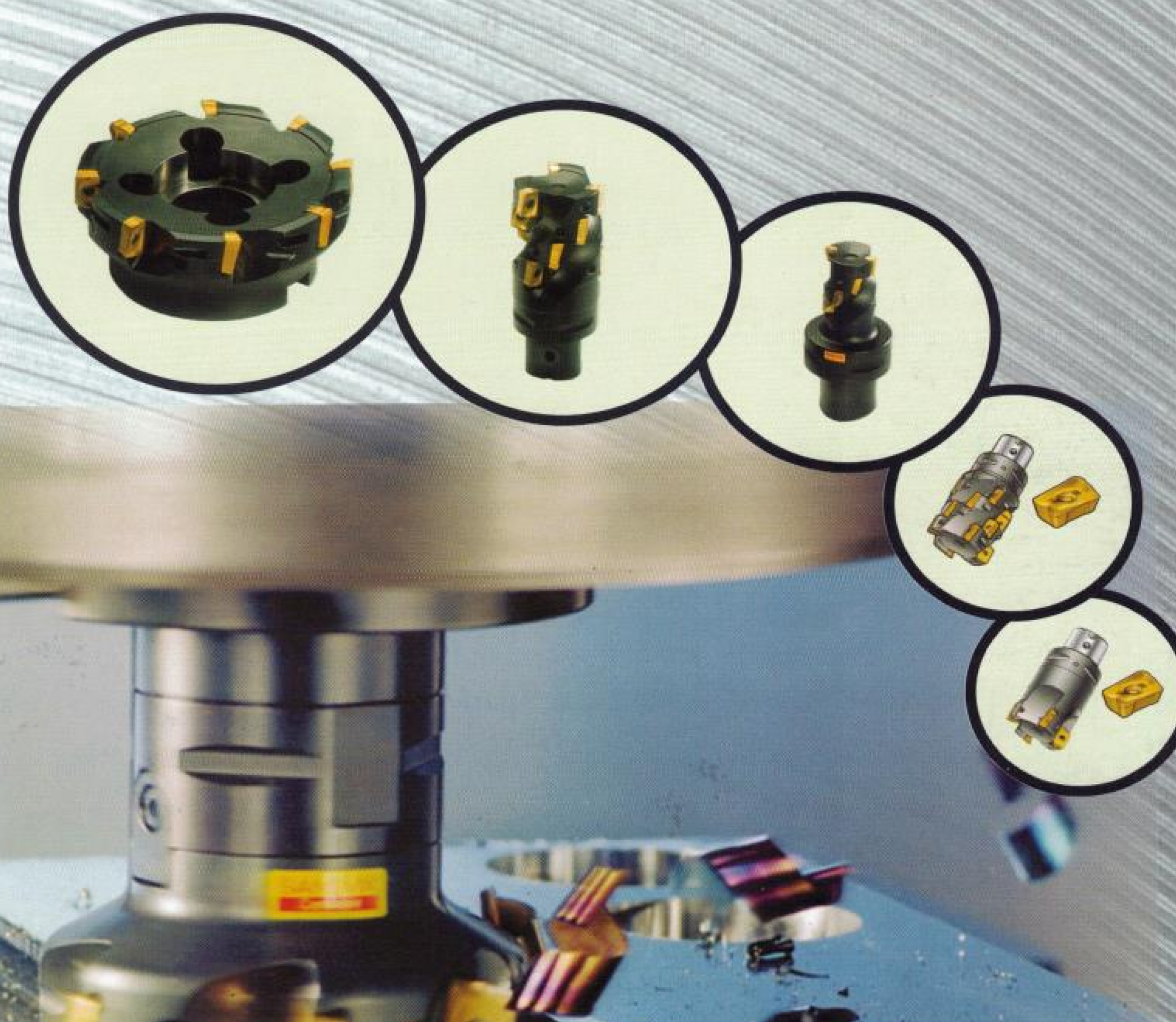
ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

технология • оборудование • инструменты

научно-технический и производственный журнал

№3(16)/2002

Памятные даты
Новости от Росмарк Сандвик
Школа технологов БГТУ
Технология
Инструмент
Выставки
Экономика



НОВОСИБИРСК • 2002

НОВОСИБИРСКАЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОММЕРЧЕСКАЯ ФИРМА

630087, г. Новосибирск, пр. К. Маркса 30.
Тел/факс: (383-2) 46-39-81, 46-25-09 Ę-mail: ostp@sibproject.ru

МАШСЕРВИСПРИБОР

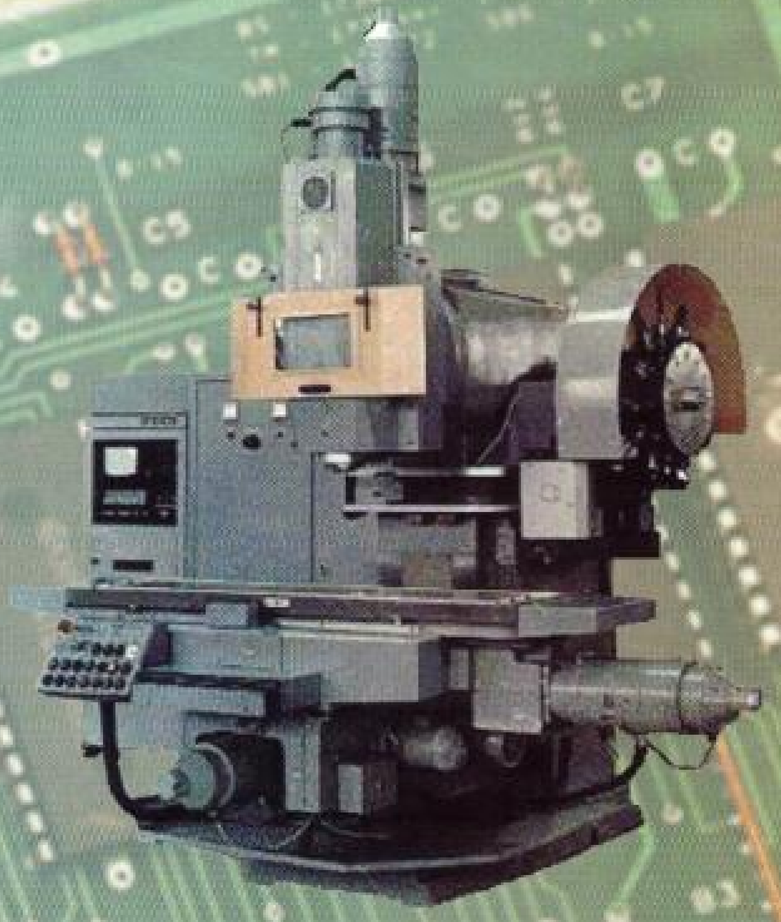
Основные направления деятельности:

Модернизация металлорежущих станков с ЧПУ.

Восстановительный ремонт УЧПУ станочного оборудования с доведением до паспортных характеристик.

Замена устаревших систем ЧПУ на более современные микропроцессорные.

Замена фотосчитывающего устройства УЧПУ на электронный картридж, предназначенный для полной замены перфоленты в качестве носителя информации на станках с ЧПУ: 2У22, 2С42-65, Н22, 2Р32, Н33, Н55, CNC600, FANUC, BOCH, AGIECUT, 2П32,Минск 2005.



Модернизация систем ЧПУ 2С42-65/2Р22 с применением одноплатного контроллера Д60.1, выполненного на базе микропроцессора 1801ВМ2 и программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) фирмы Altera и субблоков: SB-520,SB-521,SB-550,SB-560, которые функционально совместимы с классическими субблоками, применяемыми в наиболее распространённых системах управления металлообрабатывающими станками, а также с применением контроллера “Simatic” фирмы Siemens (Германия) для замены релейных схем.

Проектные работы.

Приобретение бывшего в употреблении металлорежущего оборудования и его реализация.

Поставка комплектующих и субблоков к системам ЧПУ 2С42-65, 2Р22, поставка электроприводов и комплектующих к ним.

Работы по данным направлениям проводились и продолжаются фирмой на предприятиях Сибири и Дальнего Востока, таких как ОАО «Тяжстанкогидропресс» (г.Новосибирск), ОАО «Алтайский трактор» (г.Рубцовск), Красноярский комбайновый завод (г.Красноярск), Назаровский машиностроительный завод (г.Назарово) и др.

Если Вы заинтересованы в наших разработках и услугах, мы всегда готовы быть Вам полезными.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Пискунов А.А., ген. директор ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром», член-корр. Международной Академии науковедения, доцент - председатель совета.

Анисименко Г.Е., директор производственно-технологической фирмы «Сигма-инструмент»; **Афанасьев В.К.**, академик РАЕН, профессор, д.т.н., СибГИУ; **Балков В.П.**, зам. ген. директора АО «ВНИИинструмент», к.т.н.; Батаев А.А., профессор, д.т.н., НГТУ; **Герасенко А.Н.,** директор ООО НПКФ «Машсервисприбор»; **Голубев Ю.М.,** доцент, к. т. н., директор ООО «Инструмент для автосервиса»; **Зацепин А.Г.**, первый зам. председателя исполкома МАСС, член-корр. Академии технологических наук, к.т.н; **Кирсанов С.В.,** профессор, д.т.н., ТПУ; **Коган Б.И.,** профессор, д.т.н., КузГТУ; **Коротков А.Н.,** академик РАЕ, профессор, д.т.н., КузГТУ; **Кудряшов Е.А.,** профессор, д.т.н., ЧитГТУ; **Морозов Б.В.,** советник ген. директора ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром», к.т.н.; **Смольников Н.Я.,** профессор, д.т.н., ВолгГТУ; **Суслов А.Г.,** профессор, д.т.н., Засл. деятель науки и техники РФ, БрянГТУ – члены совета.

ИЗДАТЕЛЬ -
ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром»

Главный редактор	МОРОЗОВ Б.В.
Зам. главного редактора	ГЕРАСЕНКО А.Н.
Зам. главного редактора	ГОЛУБЕВ Ю.М.
Редактор	ХОДЫРЕВ В.В.
Дизайн и верстка	РУДЕНСКИЙ Д.Е.
Корректура	ШАТРОВ В.А.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах. Необходимые сертификаты и лицензии обеспечиваются рекламодателями.
Полная или частичная перепечатка материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции. Ссылка на журнал обязательна.
Мнение авторов публикаций может не совпадать с мнением редакции. Оригиналы статей не рецензируются и не возвращаются.

Подписка осуществляется через редакцию

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
630087, г.Новосибирск – 87, пр. К.Маркса, 30
ОАО НПТ и ЭИ "ОРГСТАНКИНПРОМ"
Тел.: (383-2) 46-37-77, тел./факс 46-39-11
E-mail: ostp@sibproject.ru

Журнал зарегистрирован 20.07.2001 г. Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ №77-9430.

Отпечатано в ООО Издательский центр «АГРО»
Подписано в печать 27.09.2002г.
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ:

Памятные даты

Б. Р. УШЕРЕНКО. Новосибирскому проектно-технологическому и экспериментальному институту «Оргстанкинпром» – 50 лет 4

Технология

А.Г. ОВЧАРЕНКО, А.Н. РОМАШЕВ, С. А. ОЛЬХОВОЙ. Комбинированное упрочнение режущего инструмента 6

Л.А. УШОМИРСКАЯ, А.Г. КАЗАНЦЕВ. Современная концепция моделей механизма процесса электрической эрозии 27

Школа технологов БГТУ

Е.А. ПОЛЬСКИЙ. Математическая модель отказа подвижного соединения пары трения-скольжения 15

М.Н. НАГОРКИН. Технологическое обеспечение шероховатости плоских поверхностей алмазным выглаживанием 17

Р.В. ГУРОВ. Разработка метода формообразования ребер теплообменников пластическим оттеснением 24

Новости от Росмарк 19

Новости от Сандвик-МКТС 20-21

Инструмент

В.К. АФАНАСЬЕВ, А.В. КОЛЬБА, М.В. ЧИБРЯКОВ. О возможности применения доменного чугуна для изготовления деревообрабатывающего инструмента (сообщение 3) 7

Ю.Н. ПОЛЯНЧИКОВ. Исследование износа абразивного инструмента без связки при хонинговании гильз двигателей 31

А.Н. КОРОТКОВ, Д.Б. ШАТЬКО. Анализ методов ориентации зерен, используемых при изготовлении шлифовальных инструментов 34

Моделирование

М.Г. ГОЛЬДШМИДТ, Ю.П. СТЕФАНОВ. Математическое моделирование процесса резания 9

Экономика

Л.А. ПОЛИНОВСКИЙ. Оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение качества изделий при ремонте 37

Новосибирскому проектно-технологическому и экспериментальному институту «Оргстанкинпром» – 50 лет

Б. Р. УШЕРЕНКО

В октябре 1952 года приказом Министра СССР т. Костоусова А.И., в г. Новосибирске был создан филиал Государственного проектно-технологического и экспериментального института «Оргстанкинпром».

Коллектив Новосибирского филиала комплектовался, в основном, из специалистов Новосибирского завода тяжелых станков и гидропрессов им. А.И. Ефремова и располагался на его площадях. Параллельно создавались и центры подготовки специалистов - станкостроительный техникум и машиностроительный факультет в НЭТИ. Первым директором НФ «Оргстанкинпром» был назначен Ю.Н. Дернов, главным инженером М. Минутка.

В составе филиала было два отдела - технологический и конструкторский, общей численностью 30 человек. Первым крупным объектом стал Алапаевский станкостроительный завод. Из Новосибирска выезжали бригады по 15-20 человек и на месте разрабатывали технологию, проектировали оснастку, следили за изготовлением оснастки и соблюдением технологии, обучали заводских специалистов и учились сами. Главным инженером проектов был Л.С. Ракитский. Под его руководством впервые была спроектирована и внедрена в производство гидрофицированная оснастка. В дальнейшем она получила широкое распространение. Алапаевский станкозавод в исключительно короткий срок освоил выпуск высокопроизводительных токарно-револьверных станков мод. 1П365 и вышел на проектную мощность. Это был первый успех филиала. В процессе работы над проектом сложился небольшой, но дружный, уверенный в своих силах, коллектив проектировщиков. В 60-х годах его численность выросла втрое. В качестве ведущих специалистов, руководителей секторов и отделов были привлечены опытные работники НЗТСГ им Ефремова, станкозавода им XI Партсъезда, Инструментального завода, завода Сиблитмаш. Это - Л. Ракитский, Д. Шмуклер, Д. Цейтин, В. Жежко, В. Ячник, К. Фирсов, Б. Садовский, И. Ключенко, В. Федоров, В. Дайчман, А, Першков, М. Корчинер, Ю. Курочкин, В. Шелковников, А. Алейников, Я. Зильберман, Г. Дзюбачук, Б. Умрихин, Н. Личманюк, Л. Баяндина, В. Чумичев, В. Ильин, Б. Колесников и другие. Приходила и молодежь, в основном это были выпускники станко-строительного техникума и машиностроительного факультета НЭТИ. Это Л. Белоусова, Б. Ушеренко, В. Миронов, Г. Власенко и другие. Только в технологическом отделе работало 53 человека. Были созданы отделы проектирования оснастки, комплексной механизации и автоматизации производства, горячих цехов, организации производства, строительный отдел. Общая численность составляла 350 человек. Теперь Новосибирский филиал был в состоянии комплексно подходить к решению задач по проектированию новых и техническому перевооружению действующих производств и заводов. Разрабатывались проекты механических, литейных, сборочных, кузнечных, окрасочных цехов, складского хозяйства, участков термообработки, гальва-нопокрытий, упаковки, проекты организации производства и управления, строительные части проектов и т.д.. Проектировались технология и оснастка, автоматические линии и спецстанки, нестандартизованное оборудование. В это время специалистами филиала А. Бедовым, В. Ильиным, Л. Капленко был разработан метод изготовления высокопрочных деталей прессованием из железного порошка, признанный изобретением На предприятиях Минстанкопрома создавались и внедрялись участки по изготовлению деталей этим методом. Базовым участком стал участок созданный на Новосибирском станкозаводе им. XVI Партсъезда (ныне ОАО «Станкосиб»). Метод НФ «Оргстанкинпром» был запатентован в Англии, Италии, Франции. При филиале был создан экспериментально-механический и сборочный участок для изготовления опытных образцов проектируемых изделий и отработки технологии.

Зона обслуживания филиала распространялась на Урал, Сибирь, Дальний Восток, Среднюю Азию. Специалистами института были разработаны проекты перевооружения станкостроительных заводов в г.Алапаевске (Свердловская обл.), г.Троицке (Челябинская обл.), г. Чите, г. Иркутске, г. Хабаровске, г. Алма-Ате (Казахстан), Боготольского завода слесарно-монтажного инструмента. Был выполнен проект технического перевооружения завода поковок, цепей и инструмента в г. Хелуане (Египет). Разработаны и внедрены проекты комплексно-механизированных участков механической обработки деталей с применением вычислительной техники для Ульяновского завода тяжелых станков (главный инженер проектов А. Першков), проект технического перевооружения Горьковского завода фрезерных станков (главный инженер проектов С. Молчанов). Разработано ТЭО по передаче и организации производства фрезерных станков в Северной Корее.

Большую работу специалисты филиала выполняли на предприятиях в г. Новосибирске. Для НЗТСГ им. А.И. Ефремова были разработаны и внедрены технологические части проектов цеха сборки прессов, инструментального цеха, цеха станков с ЧПУ, цеха товаров народного потребления (главные инженеры проектов Л. Ракитский, Б. Ушеренко). Для Новосибирского станкозавода им. XVI Партсъезда был разработан проект реконструкции. И освоен выпуск токарных многорезцовых полуавтоматов мод.1А340, мод. 1Н713, мод.ШНО ФЗ (главные инженеры проектов Д. Шмуклер, А. Першков, Б. Ушеренко). Для Новосибирского инструментального завода были спроектированы и внедрены автоматическая линия по изготовлению гнутых ключей для сверлильных патронов (главный конструктор проекта Е. Куркулов), автоматическая линия по упаковке сверлильных патронов (ведущий конструктор М.Карнаков), автоматические линии по нанесению пластизольного покрытия на инструмент, автоматические линии по окраске инструмента и футляров методом электроосаждения водоразбавляемыми красками (Главный конструктор проекта А. Поспелов, зав. сектором П. Садов). Конструкторами отдела средств-автоматизации и механизации (нач. отдела Е. Куркулов) была разработана конструкция роботизированного комплекса по обработке

деталей типа тел вращения. Опытные образцы были изготовлены на Дмитровском экспериментальном механическом заводе. Работа была представлена на ВДНХ и получила серебряную медаль.

Но не только для предприятий станкоинструментальной промышленности работали специалисты НФ «Оргстанкинпром». Завод «Сибтекстильмаш» начал осваивать производство бесчелночных ткацких автоматов - проект разрабатывает НФ «Оргстанкинпром», и руководитель проекта М. Корчинер получает вместе с заводскими специалистами медаль Лауреата премии Совета Министров СССР за успешное осуществление проекта.

В 1985 г. впервые в России в НФ «Оргстанкинпром» были спроектированы и изготовлены полуавтоматические установки для нанесения изображений методом тампопечати. (ведущий конструктор М. Карнаков, зав. сектором П. Садов). Установки успешно работали на Новосибирском заводе пластмассовых изделий, Новокузнецком заводе металлоизделий, Новосибирском приборостроительном заводе им. Ленина.

В 1990 г. НФ НПО «Оргстанкинпром» был акционирован и преобразован в ОАО НПТиЭИ «Оргстанкинпром», генеральным директором был избран В. Шелковников, главным инженером назначен Ю. Курочкин. Обьем проектно-технологических работ в конце прошлого века по известным причинам резко упал. В основном велись работы по проектированию небольших изделий по заказам кооперативов, частных предпринимателей и предприятий, развивавших выпуск ТНП. В это время была создана коммерческая группа (Б. Ушеренко), организован небольшой магазин. Конструкторами, под руководством начальника отдела А. Поспелова, были разработаны конструкции коптильни, автомобильного багажника, малогабаритной растворомешалки, точилки для ножей, машинки для укупорки банок при консервировании методом обжатия, установки для сварки полиэтиленовых мешков и т. п. Опытные партии этих изделий изготавливались на экспериментально-механическом и сборочном участке института, которым руководил нынешний главный инженер В. Попов. В 1995 г. генеральным директором был избран А. Поспелов. В это время был организован выпуск охранно-пожарной радиосигнализации «Бриз», продолжались работы по проектированию и изготовлению штампов, пресс-форм, работы по проектированию и изготовлению специального оборудования.

В 1999 г. генеральным директором ОАО НПТиЭИ «Оргстанкинпром» был назначен А. Пискунов, который, несмотря на неблагоприятные условия для проектных организаций, смог стабилизировать экономическую ситуацию в институте, поддержал все предложения специалистов по дальнейшей деятельности. Были произведены взаиморасчеты со всеми должниками. Специалистами экспериментально-механической мастерской была разработана конструкция форматно-раскроечного станка для распиловки ламинированной ДСП. В течение 3-х лет было изготовлено более двух десятков этих станков и не было получено ни одной рекламации. При одинаковом качестве обработки, стоимость этих станков в три раза ниже зарубежных аналогов. После назначения техническим директором А. Герасенко была развернута работа по восстановлению и ремонту станков, оснащенных системами ЧПУ.

Институт в настоящее время выполняет заказы по восстановительному ремонту металлорежущего и деревообрабатывающего оборудования, в т.ч. с ЧПУ, проектированию и изготовлению штампов, пресс-форм. Выпускается научно-технический и производственный журнал «Обработка металлов». Представители института участвуют в работе Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение». При необходимости, для выполнения заказов, привлекаются бывшие опытные работники. Можно считать, что ОАО НПТиЭИ «Оргстанкинпром» попрежнему способен, при необходимости, быть ведущей проектно-технологической организацией станкостроения Сибири.

У ОАО НПТиЭИ «Оргстанкинпром» славная полувековая история. Благодаря уму и таланту его работников - ГИПов, инженеров, руководителей была проделана огромная работа по созданию и развитию станкостроения не только в Сибири, но и в России, созданию базы для развития будущего общества: Предпринимателям, использующим результаты труда предыдущих поколений, есть за что их благодарить.

Коллектив ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром» с 50- летним юбилеем поздравили многие предприятия, организации Новосибирска и других городов России. В их числе Исполком Межрегиональной Ассоциации «Сибирское соглашение», выставочное общество «Сибирская Ярмарка», Оргкомитет межрегиональной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в машиностроении» (г. Бийск), Кузбасское отделение Академии естествознания, Государственные технические университеты городов Брянска и Волгограда, Томский политехнический университет, ЗАО «Гарант», г. Новосибирск, ОАО «Сиблитмаш», ОАО «Тяжстанкогидропресс», ОАО «Новосибирский инструментальный завод», ООО «Тех Агро-Сибирь», г. Новосибирск, редакция журнала «ИСОТ: инструмент, станки, оборудование, технологии», (г. Москва) и др.

От имени коллектива института выражаю искреннюю благодарность за поздравления, и надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество с нашими коллегами и партнерами.

Генеральный директор
ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром» **А.А.Пискунов**

Комбинированное упрочнение режущего инструмента

А. Г. ОВЧАРЕНКО, профессор, доктор техн. наук,
А. Н. РОМАШЕВ, доцент, канд. техн. наук,
С. А. ОЛЬХОВОЙ, аспирант, БТИ, г. Бийск

Современная стратегия развития промышленности предъявляет более жесткие требования к применяемым технологиям производства и ведет к их постоянному обновлению и усовершенствованию. Важную роль в этом играет разработка и применение новых методов упрочнения инструмента с целью повышения его износостойкости, и механической прочности.

Результаты исследований и конкретные разработки в области новых методов упрочнения инструмента открывают широкое поле возможностей для разработчиков техпроцессов. Они позволяют изменять процесс обработки инструмента, делая его экономичнее и короче по времени.

Совершенствуя технологии дополнительной обработки, можно получить существенную экономию энергоресурсов, времени и сократить обслуживающий персонал.

В настоящее время среди множества методов упрочнения режущего инструмента путем различных воздействий, наиболее распространен метод магнитно-импульсного упрочнения инструмента (МИО). Его применяют в основном для повышения износостойкости инструмента и деталей машин, изготовленных из материалов, проявляющих ферромагнитные свойства.[2]

Суть метода МИО заключается в следующем: обрабатываемый инструмент помещают внутри соленоида на пружинных стойках. Затем на соленоид подают импульс высокого напряжения с батареи конденсаторов. Внутри соленоида наводится магнитное поле высокой напряженности. [1]

В отсутствии внешнего поля ферромагнетик разбивается на домены таким образом, что его результирующий момент близок к нулю. Под действием импульса магнитного поля в структуре ферромагнитных материалов энергии отдельных доменов делаются неодинаковыми (энергия меньше для тех доменов, в которых вектор намагничивания образует с направлением поля острый угол, и больше в том случае, если этот угол тупой). Поэтому возникает процесс смещения границ доменов, при котором объем доменов с меньшей энергией возрастает, а с большей энергией уменьшается. Этот процесс можно рассматривать как фазовое превращение, а домены с различным направлением намагничивания, как разные фазы ферромагнетика.

В случае очень слабых полей эти смещения границ обратимы и точно следуют за изменением поля. При увеличении поля смещения границ доменов делаются необратимыми.

Процесс смещения границ доменов за счет изменения объема соседних доменов повышает теплопроводность материала.

Также под действием импульса магнитного поля происходит процесс изменения направления самопроизвольной намагниченности отдельных доменов и кристаллитов путем поворота вектора намагниченности, вследствие чего повышается вязкость и износостойкость материала.

Как процесс смещения границ доменов, так и процесс изменения направления самопроизвольной намагниченности отдельных доменов связаны с магнитной восприимчивостью материала инструмента.[3]

Поскольку инструмент, помещенный в полость соленоида со смещением центра тяжести, совершает внутри полости колебательные движения засчет сил притяжения магнитного поля и сил инерции, то он многократно пересекает магнитный поток. При таких перемещениях инструмента, вследствие неоднородной кристаллической структуры, в нем возникают вихревые токи. Вихревые токи обуславливают магнитное поле и локальные микровихри, которые, в свою очередь, нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. В местах концентрации остаточных или усталостных напряжений, связанных с технологией производства, обработки или эксплуатации инструмента, теплота, наведенная вихревыми токами, частично уменьшают избыточную энергию составляющих кристаллитов и зерен структуры, особенно в зоне контакта напряженных участков. [1]

В литературе широко описаны различные методы, режимы и результаты МИО режущего инструмента. Значительного улучшения износостойкости (1,5...2 раз) удается достичь, воздействовав на инструмент серией импульсов магнитного поля высокой напряженности. Этот процесс является длительным и высокоэнергоемким.

На кафедре металлорежущих станков и инструментов (МРСиИ) Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета (БТИ АлтГТУ) было предложено проверить возможность увеличения износостойкости при магнитно-импульсной обработке одним импульсом предварительно разогретого инструмента. Данное предположение базировалось на том, что локальные микровихри, вызванные импульсом магнитного поля, так же нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла, а в местах концентрации остаточных или усталостных напряжений, связанных с технологией производства, обработки или эксплуатации инструмента, теплота, наведенная вихревыми токами, частично уменьшает избыточную энергию составляющих кристаллитов и зерен структуры, особенно в зоне контакта напряженных участков.

Поскольку в разогретой микроструктуре зерна находятся в менее устойчивом состоянии, чем при нормальной температуре, то, если в этот момент провести магнитно-импульсную обработку, возрастает вероятность расконцентрировать более сложные узлы внутренних напряжений, и тем самым увеличить износостойкость и механическую прочность инструмента.

Для проведения эксперимента, целью которого являлась проверка предположения о влиянии предварительного нагрева на магнитную обработку, был изготовлен специальный двухобмоточный индуктор (рис.1).

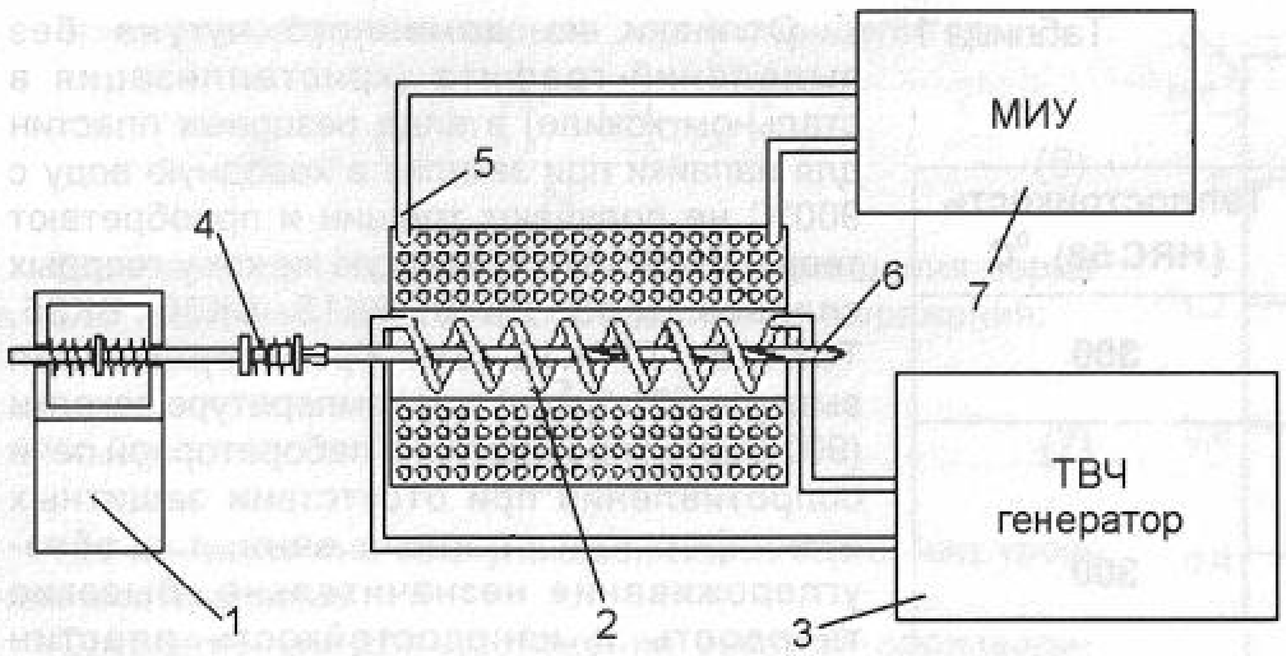


Рис.1. Схема установки

1. пружинная опора; 2. обмотка ТВЧ; 3. ТВЧ генератор; 4. цанговый зажим; 5. обмотка МИО; 6. сверло; 7. установка МИУ.

Одна обмотка, содержащая 450 витков, подключалась к магнитно-импульсной установке (МИУ), вторая, содержащая 5 витков, расположенная внутри первой подключалась к установке тока высокой частоты (ТВЧ).

Эксперимент заключался в следующем: сверло диаметром 6мм на специальном пружинящем зажиме помещалась внутрь составного индуктора. Затем внутренний индуктор от установки ТВЧ нагревал сверло по всей длине до температуры 100…550°С. Температура выбрана ниже температуры фазовых превращений. Затем сразу следовал магнитный импульс высокой напряженности. Специально изготовленный блок управления контролировал совместную работу установки ТВЧ и МИУ, позволяя изменять температуру нагрева инструмента и синхронно подавать импульс магнитного поля.

При определении износостойкости сверл в качестве критерия затупления принимали износ по задней поверхности. Износ режущих кромок контролировали и измеряли с помощью микроскопа.[4]

Результаты эксперимента показывают, что максимальное значение повышения износостойкости у сверл, нагретых предварительно до температуры 300°С – 350°С. Усредненное значение повышения износостойкости для данной партии сверл составило 54%, по сравнению с необработанными образцами.

В настоящее время проводится серия экспериментов по магнитно-импульсному упрочнению с предварительным нагревом, целью которой является установление зависимостей износостойкости и механической прочности от различных изменяющихся факторов, таких как температура нагрева, напряженность магнитного поля, размеры инструмента.

Предложенный тип обработки инструмента представляется весьма перспективным из-за своей низкой себестоимости, быстротечности и значительного улучшения механических характеристик инструмента.

Литература

1. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. - М.: Машиностроение, 1989.-112с.: ил.

2. Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. Харьков: Вища школа, 1977.-320с.

3. Калашников С.Г., Электричество, М., 1970 г.,-668с. изд. Наука.

4. Башков В.М., Кацев П.Г., Испытание режущего инструмента на стойкость. М.: Машиностроение, 1985.-136с.

О возможности применения доменного чугуна для изготовления деревообрабатывающего инструмента

(сообщение 3)

В.К. АФАНАСЬЕВ, академик РАЕН, профессор, доктор техн. наук,
А.В. КОЛЬБА, аспирант СибГИУ, г. Новокузнецк,
М.В. ЧИБРЯКОВ, профессор, доктор техн. наук, КемСХИ, г. Кемерово

В настоящее время для быстрой и качественной обработки дерева и ДСП используются легированные стали повышенной прокаливаемости (9ХС и др.), легированные полутеплостойкие стали (Х6ВФ, 85Х6НФТ и др.), быстрорежущие стали и даже очень дорогие твердые сплавы. Высокие режущие свойства создаются за счет введения в состав этих материалов дорогостоящих химических элементов - хрома, вольфрама, молибдена, ванадия, никеля, титана и других. Сплавы для деревообработки применяются в литом или деформированном состоянии, в виде пластин для напайки или механически крепимых. Вообще, спектр видов деревообрабатывающего инструмента весьма широк. Так, ЗАО «Томский инструмент» производит ряд насадных фрез: дисковые пазовые, цилиндрические сборные с непосредственной посадкой на шпиндель, цилиндрические с креплением на двух цангах гайками, сборные, оснащенные комплектом ножей с фасонным профилем, литые фрезы с затылованными зубьями для обработки пазов, гребней, профильных издели, с пластинами из твердого сплава для снятия свесов и фасок с мебельных щитов, концевые цилиндрические с твердосплавными пластинами и многие другие. Сверла (спиральные, чашечные), как и фрезы, это предприятие выпускает из легированных сталей или нелегированных с твердосплавными пластинами.

При анализе свойств современных инструментальных сталей и нелегированного белого чугуна, полученного

Таблица 1

Материал	Твердость	Теплостойкость (HRC 58), ^{0}C
Сталь повышенной прокаливаемости 9ХС	63-64 HRC	300
Полутеплостойкие стали глубокой прокаливаемости, повышенной износостойкости Х6ВФ, Х12М, 85Х6НФТ и др.	62-64 HRC	300
Быстрорежущая сталь умеренной теплостойкости Р6М5	64-65 HRC	620
Твердые сплавы	84-94 HRA (71-74 HRC)	до 800-1000
Доменный чугун без выделений графита	до 84-87 HRA (71-72 HRC)	550

переплавом чушкового передельного чугуна с применением термоциклической обработки расплава, обнаруживается, что этим материалом можно полностью или частично заменить легированные режущие стали и даже твердые сплавы. При этом целесообразнее заменять литой цельный инструмент на составной (напайки или наплавки на стальную державку) [1, 2].

Отливки из доменного чугуна без выделений графита (кристаллизация в стальном кокиле) в виде резцовых пластин для напайки при закалке в холодную воду с 900°С не получают трещин и приобретают твердость 85-87 HRA (такую же как у твердых сплавов ВК8В, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25, Т5К12В, ТТ7К12 [3]). Кратковременная выдержка (1-2 мин) при температуре закалки (900-950°С) проводится в лабораторной печи сопротивления при отсутствии защитных атмосфер или соляных ванн, т.к. обезуглероживание незначительно. Высокие твердость и износостойкость пластин сохраняются до температуры 150°С. Отпуск при 550°С приводит к уменьшению твердости пластин до 57-58 HRC, т. е. до уровня твердости нетермообработанных.

В таблице 1 приведены значения твердости и уровень теплостойкости различных материалов для обработки древесины.

Ниже приведены некоторые результаты промышленной апробации доменного чугуна в качестве инструментального материала.

В условиях ремонтно-механического цеха ООО «Мебельдерево» (г.Новокузнецк) проводилась обработка резанием древесины и деревостружечной плиты инструментом из природнолегированного белого чугуна (мас.%: 4,25 С; 0,23 Mn; 0,21 Si; 0,068 P; 0,023 S; 0,03 Ni; 0,02 Cu; 0,29 V; Fe – остальное), выплавленного по способу д.т.н., профессора Афанасьева В.К. Была установлена возможность качественного резания с высокими скоростями и при большом объеме снимаемого слоя заготовок лиственницы, березы, пихты и ДСП литыми

Таблица 2

Составы сплавов сормайт и доменного чугуна без выделений графита (%)

Материал	Cr	Ni	C	Si	Mn	S	P	Cu	V	Fe
Сормайт	25-31	3,5	2,5-3,5	2,8-4,2	до 1,5	до 0,08	до 0,08	-	-	54-65
Доменный чугун без выделений графита (природнолегированный)	0,25	0,06	4,09	0,53	0,76	0,03	0,13	0,02	0,40	93,73

Таблица 3

Свойства сплавов сормайт и доменного чугуна без выделений графита

Материал	Свойства сплавов			Твердость двухслойной наплавки, HRC
	Температура плавления, °С	Временное сопротивление, МПа	Твердость, HRC	
Сормайт	1275	360-400	50-54	45-50
Доменный чугун без выделений графита	1147	400-500	51-52	45-50

токарными резцами (HRC 51-52, $\sigma_в$ = 450-500 МПа), не подвергавшимися после кристаллизации термической обработке. При количестве оборотов n = 2000 скорость резания составила V ≈ 300 м/мин с подачей S = 2,5 мм/об и глубиной резания t = 5 мм. Сколов, выкрашивания режущей кромки и поломки инструмента не было. Предложенным чугуном можно во многих случаях заменить легированные стали и твердые сплавы при современной токарной, фрезерной и других видах обработки дерева.

В настоящее время проводится разработка режимов термической и химико-термической обработки чугунного инструмента, а также попытки замены высоколегированных наплавочных износостойких чугунов, например, сормайта, на доменный чугун без выделений графита.

Сравнивая данные таблиц 2 и 3, можно сделать вывод о том, что выгоднее применять более недорогой сплав, естественный композит – чугун, в котором основной легирующий элемент – углерод.

Литература

1. Петроченко Е.В., Емелюшин А.В., Копцева Н.В. Износостойкие наплавки из белого чугуна / Металлургия на пороге XXI века: достижения и прогнозы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции //Под общей редакцией Кулакова С.М. – Новокузнецк: СибГИУ, 2000. – 360 с.

2. Чекуров В.В. Структура и свойства биметаллических композиций для инструментов / МиТОМ. – 1991. - №5. – С. 17-22.

3. Захаров В.И. Технология токарной обработки. – Л.: Лениздат, 1972. – 496 с.

4. Мойсеенко О.И., Чкалова О.Н. Инструментальные материалы: Учеб. пособие. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 196 с.

5. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1983. – 527 с.

6. Инструментальные стали: Справочник / Позняк Л.А., Тишаев С.И., Скрынченко Ю.М. и др. – М.: Металлургия, 1977. – 168 с..

Математическое моделирование процесса резания

М.Г. ГОЛЬДШМИДТ, доцент, канд. техн. наук, ТПУ,

Ю.П. СТЕФАНОВ, ст. преп., Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

Изучение процесса деформирования металла при резании методами численного моделирования позволяет получить напряженно-деформированное состояние в расчетной области. Это осуществляется путем численного решения системы уравнений механики сплошной среды (уравнения движения, неразрывности, энергии). В качестве замыкающих систему уравнений используются опре-деляющие соотношения теории упругости, пластичности и разрушения. Система уравнений решается при заданных начальных и граничных условиях.

В работе поставлена задача создания математической модели, ориентированной на анализ как установившегося, так и ударного процессов. Модель предназначена для исследования пластического течения металла в зоне стружкообразования, расчета скоростей деформации, напряжений в условной плоскости сдвига и на контактных поверхностях инструмента, исследования напряжений в слоях металла, расположенных на различной удаленности от обработанной поверхности, создания базы для изучения нестационарных процессов – врезания инструмента, прерывистого резания, напряжений в условиях элементного и псевдоэлементного стружко-образования.

Процесс рассмотрен в двумерной динамической постановке с использованием лагранжева описания движения среды. Метод решения задачи аналогичен известному конечноразностному методу HEMP, поэтому система уравнений Прандтля-Рейса записывается в том же виде, что и в [1], где подробно изложен данный метод.

Уравнения движения имеют вид:

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y}=\rho \dot{u}_x, \qquad \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y}=\rho \dot{u}_y; \quad (1)$$

уравнение неразрывности:

$$\frac{\dot{V}}{V}=\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}; \quad (2)$$

уравнение энергии:

$$\dot{E}=-P\dot{V}+(s_{xx}\dot{\varepsilon}_{xx}+s_{yy}\dot{\varepsilon}_{yy}+2\cdot s_{xy}\dot{\varepsilon}_{xy})\cdot V. \quad (3)$$

Скорости деформации:

$$\dot{\varepsilon}_{xx}=\frac{\partial u_x}{\partial x}, \quad \dot{\varepsilon}_{yy}=\frac{\partial u_y}{\partial y}, \quad \dot{\varepsilon}_{xy}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_x}{\partial y}+\frac{\partial u_y}{\partial x}\right) \quad (4)$$

В условиях плоской деформации $u_z=0$, $\varepsilon_{xz}=\varepsilon_{yz}=\varepsilon_{zz}=0$.

Скорость вращения:

$$\dot{\omega}=\dot{\omega}_{xy}=-\dot{\omega}_{yx}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_y}{\partial x}-\frac{\partial u_x}{\partial y}\right) \quad (5)$$

Полная деформация включает в себя упругую и пластическую части:

$$\varepsilon_{ij}=\varepsilon_{ij}^{e}+\varepsilon_{ij}^{pl} \quad (6)$$

Тензор напряжений σ_{ij} разбивается на девиаторную s_{ij} и шаровую P части:

$$\sigma_{xx}=-P+s_{xx}, \quad \sigma_{yy}=-P+s_{yy}, \quad \sigma_{xy}=s_{xy}. \quad (7)$$

Девиатор напряжений с учетом поворота локальной

системы координат определяется как:

$$\dot{s}_{xx} = 2\mu\left(\dot{\varepsilon}_{xx} - \frac{1}{3}\dot{V}/V\right) + \dot{\omega}_{xx},$$

$$\dot{s}_{yy} = 2\mu\left(\dot{\varepsilon}_{yy} - \frac{1}{3}\dot{V}/V\right) + \dot{\omega}_{yy}, \qquad (8)$$

$$\dot{s}_{xy} = 2\mu(\dot{\varepsilon}_{xy}) + \dot{\omega}_{xy},$$

где ω — поправка, учитывающая поворот элемента среды.

Гидростатическое давление:

$$\dot{P} = -K\frac{\dot{V}}{V}, \qquad (9)$$

где $V = \rho_0\ \rho$ — относительный объем.

Условие пластичности Мизеса:

$$2J_2 - \frac{2}{3}Y^2 \le 0, \qquad (10)$$

где: $2J_2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2$, Y — предел текучести при растяжении.

В качестве меры упрочнения принята работа пластической деформации W^{pl}:

$$Y = Y(W^{pl}) = Y_0 + \alpha(W^{pl})^{\beta}\,\text{Мбар}. \qquad (11)$$

При записи уравнений использовались следующие обозначения:

x, y — пространственные координаты; u_x, u_y, u_z — компоненты вектора скорости; ε_{ij} — компоненты тензора деформации; σ_{ij} — компоненты тензора напряжений; s_{ij} — компоненты девиатора напряжений; P — давление; E — удельная энергии; ρ — плотность; ρ_0 — первоначальная плотность среды; V — относительный объем; K — модуль объемного сжатия; μ — модуль сдвига. Точка сверху означает производную по времени.

Суть метода расчета состоит в следующем.

На исследуемый объект наносится сетка, фрагмент которой показан на рис. 1, б. Т.е. осуществляется дискретизация расчетной области. На построенной

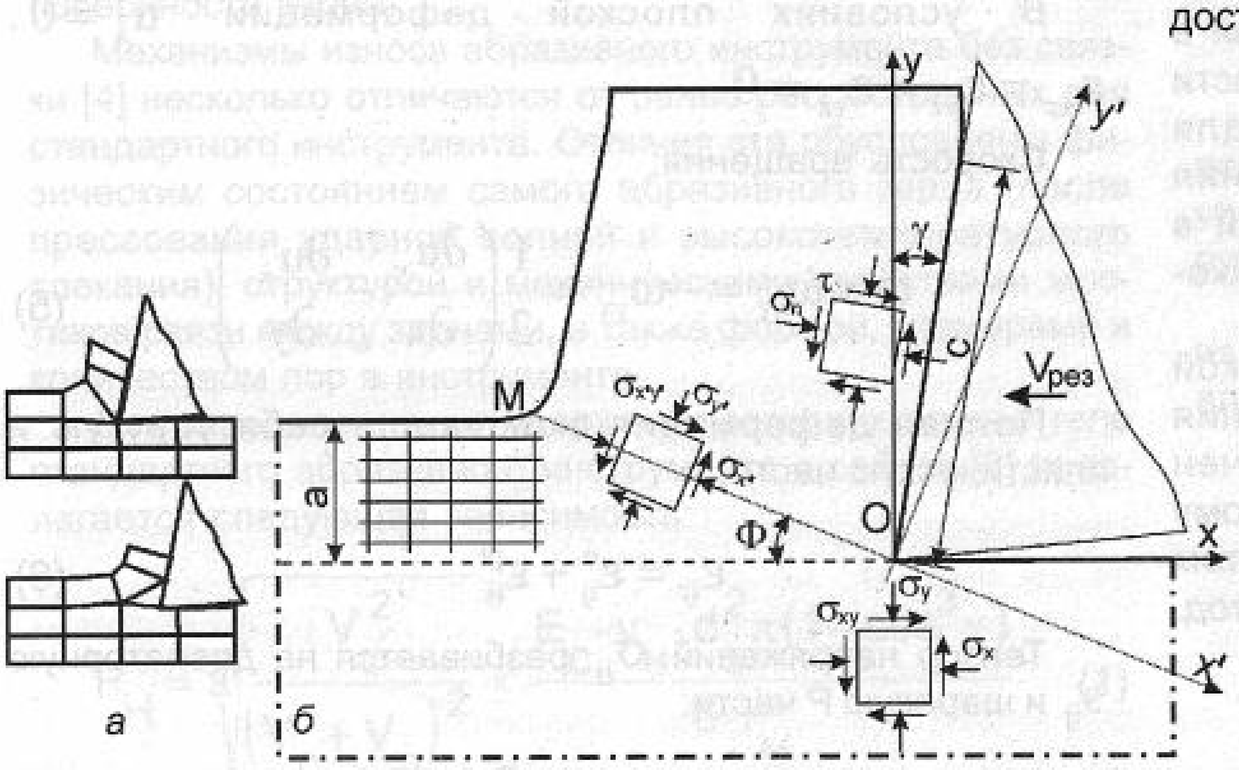


Рис. 1. Схематическое изображение процедуры разделения узлов сетки вдоль линии среза (а) и схема процесса резания (б)

расчетной сетке осуществляется решение системы уравнений механики сплошной среды. Рассчитываются движение сетки и напряженно-деформированное состояние в каждой из ячеек. При этом полагается, что поведение расчетной сетки и состояние всех ячеек соответствуют поведению и состоянию реального, но идеализированного объекта.

Отделение срезаемого слоя осуществлялось с использованием специального алгоритма разделения узлов сетки. Основные принципы данного метода, который позволяет описывать образование в расчетной области новых поверхностей, приведены в работах [2, 3].

Реализация граничных условий в области контакта материала с режущим инструментом осуществлялась по схеме коррекции движения узлов расчетных ячеек. Используемый алгоритм реализации контактных условий аналогичен описанному в работах [4, 5]. Некоторые детали использования разработанных алгоритмов разделения узлов, контактного взаимодействия поверхностей и их проверки приведены в [6].

Процедура расчета, на каждом временном интервале, включала следующую последовательность операций:

1. Расчет движения узлов сетки при соответствующих граничных условиях. На всех поверхностях, где эти условия заранее не заданы, а определяются в ходе решения задачи, используются условия свободных поверхностей.

2. Расчет контактного взаимодействия поверхностей (условие непроникновения и закон скольжения Амонтона–Кулона) и коррекция движения в соответствии с взаимодействием.

3. Расчет напряженно-деформированного состояния в ячейках сетки.

4. Проверка условия разрушения и формирование новых поверхностей (разделение узлов и задание соответствующих условий на новых поверхностях для отделения срезаемого слоя).

Решение осуществлялось на прямоугольной расчетной сетке, которая в относительном движении перемещалась вместе с частицами материала. Поскольку характерное время процесса резания значительно превышает время прохождения волн деформации, решение задачи требует расчета для десятков и даже сотен тысяч временных интервалов. Это накладывает жесткие ограничения на выбор размеров расчетной области и детальность покрывающей ее сетки, которая в то же время должна быть достаточно мелкой, чтобы описать интересующие явления.

Задача решалась при следующих граничных условиях: нижняя поверхность заготовки неразрывно связана с неподвижным жестким основанием; на всех внешних границах, за исключением области контакта с режущим инструментом заданы условия свободной поверхности $\sigma_{ij}n=0$; на передней грани инструмента — коэффициент трения.

Резец представлял собой абсолютно жесткое тело, радиус скругления режущего лезвия равен нулю.

Обрабатываемая деталь в сечении имела прямоугольную форму и была неподвижно закреплена на жестком основании. Режущий инструмент двигался с постоянной скоростью $V_{рез}$ в горизонтальном направлении. Такая схема соответствует процессу ортогонального резания инструментом с передним углом γ.

При решении задачи были выбраны следующие геометрические параметры заготовки: длина

заготовки L=32a, толщина H=7,5a; толщина срезаемого слоя a=0,1 мм. Расчетная сетка состояла из 160×75 прямоугольных ячеек.

Использовались следующие константы обрабатываемого материала:

K=180 ГПа, μ=80 ГПа, ρ=7,85 г/мм³, Y_0=0,4 ГПа, α=1/150, β=0.2. Расчеты проводились для скорости резания $V_{рез}$=10 м/с, переднего угла γ=10°, 17° и 24° и значениях коэффициента трения f = 0; 0,1; 0,2; 0,4.

На рис. 2 приведено полученное при исследовании модели распределение интенсивности напряжений в зоне стружкообразования при резании резцом с передним углом 17° упруго-идеальнопластического материала при отсутствии трения на передней грани. Величина интенсивности напряжений определялась как

$$\bar{\sigma} = \left(\frac{3}{2} s_{ij} s_{ij} \right)^{1/2}.$$

Квадратные черные значки обозначают ячейки, в которых интенсивность напряжений принимает значения 0,47÷0,5 ГПа. При заданном значении предела текучести 0,5 ГПа, зону, помеченную этими значками, можно считать пластической областью. Хорошо видно, что пластическое течение материала сосредоточено вблизи условной плоскости сдвига и передней грани инструмента. На рис. 2 также достаточно четко просматриваются зоны упругого сжатия (впереди резца) и растяжения (под резцом), в которых интенсивность напряжений не превышает 0,16...0,19 ГПа.

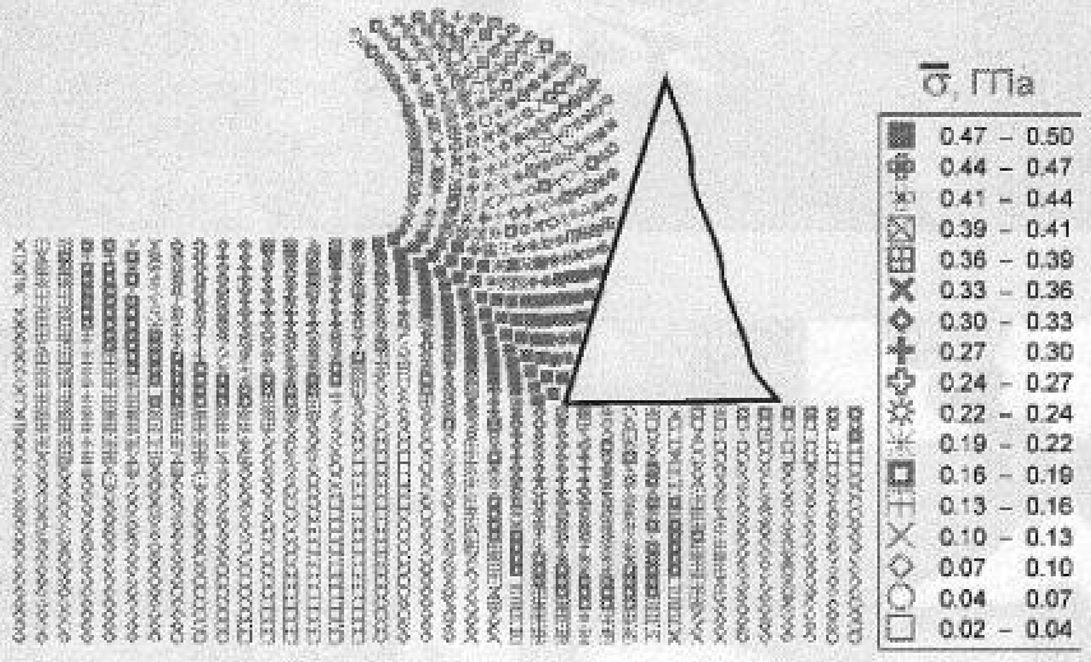


Рис. 2. Распределение интенсивности напряжений в области формирования стружки. (Материал упруго-идеальнопластический, Y=0,5 ГПа, трение отсутствует)

Известно, что поведение материала, не обладающего свойствами деформационного упрочнения (или описываемого в таких рамках), имеет тенденцию к локализации пластической деформации. В связи с этим использование данной модели может оказаться полезным для выделения наиболее активной зоны деформации.

Для случая «резания» упрочняющегося материала (рис. 3) также хорошо видны две области с высоким уровнем напряжений. Это – область растяжения вблизи лезвия инструмента и область сжатия, расположенная у свободной поверхности впереди условной плоскости сдвига.

В отличие от рассмотренного выше случая резания упруго-идеальнопластического материала, в материале с

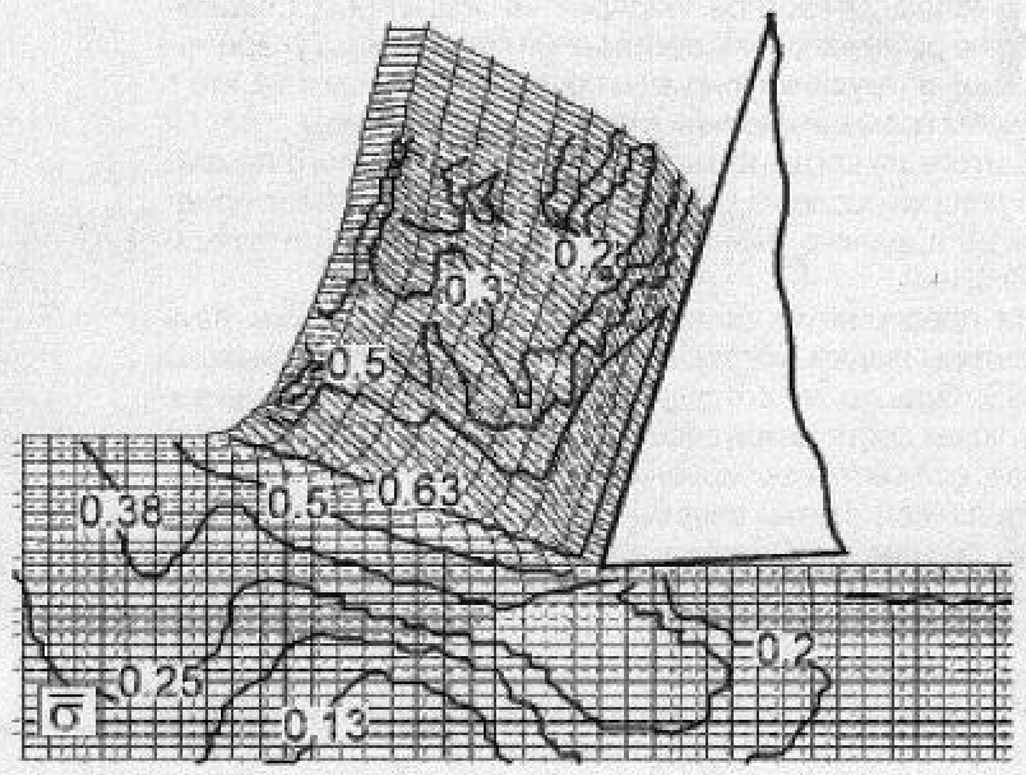


Рис. 3. Изолинии интенсивности напряжений в зоне стружкообразования. (Материал упругопластический, Y_0=0,4 ГПа)

упрочнением пластическая зона охватывает более обширную область и имеет более сложную форму. Пластическое течение материала начинается значительно раньше, чем частицы металла оказываются на условной плоскости сдвига, угол наклона которой существенно меньше.

На рис. 4 представлены результаты расчета напряжений, действующих на условной линии сдвига (условия резания те же, что и на рис. 3), на рис. 5 - изменение интенсивности скорости деформации частиц металла на пути превращения их в стружку. Изменение интенсивности скорости деформации частиц аналогично определяемому экспериментально: $\dot{\varepsilon}_i$, вначале плавно, затем, вблизи условной линии сдвига, резко возрастет, после чего падает до нуля [7].

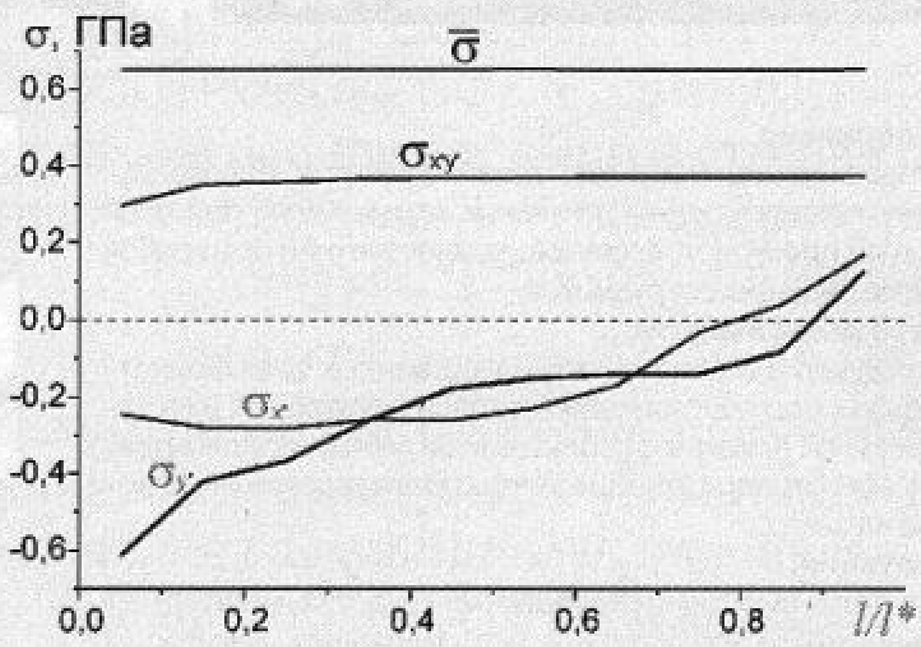


Рис. 4. Распределение напряжений вдоль условной плоскости сдвига (l*=0.262 мм)

Рис. 6 представлены эпюры нормальных и касательных напряжений в слое металла, примыкающем к передней грани инструмента. Кривые s_n и t имеют типичный характер.

Сжатие материала, которое наблюдается в области, лежащей впереди лезвия, сменяется интенсивным растяжением при приближении лезвия инструмента, это хорошо видно на рис. 7. Если вертикальная компонента напряжений s_y в силу граничных условий после прохождения резца обращается в ноль (рис. 7, б), то для

(Продолжение на 14 стр.)

УМЕЛО И С ДУШОЙ

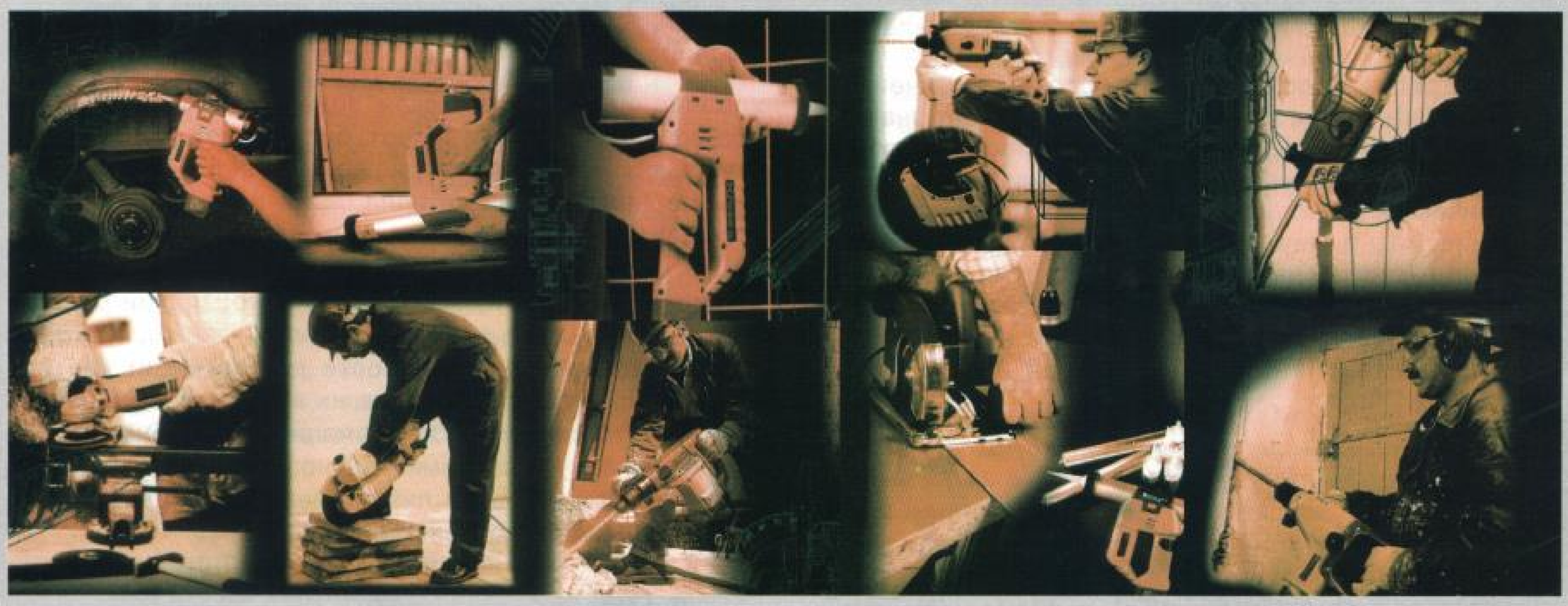
Небольшое частное предприятие семьи Кресс стабильно развивалось на протяжении многих лет. Дух времени, сотрудники фирмы и наши Клиенты – вот те, кто с течением времени вносили в него свои коррективы.

В итоге из когда-то маленького, ремесленного семейного дела выросло на сегодняшний день уважаемое предприятие среднего звена с развитой структурой и четкой идеологией.

На предприятии считается чрезвычайно важным дать ориентиры людям, которые ежедневно общаются с фирмой KRESS, будь то ее сотрудники, Клиенты или поставщики. Ведь успех достигается совместными усилиями только в том случае, если есть взаимопонимание.

В данной статье впервые представлены основополагающие принципы нашего предприятия: род деятельности, продукция, система ценностей. Естественно, эти постулаты не высечены из камня и не являются незыблемыми.

Мы претворяем их в жизнь согласно реальным законам и иногда устраиваем им проверку временем.



Предприятие...

Это независимая немецкая семейная фирма. Руководство осуществляется одним из членов семьи Кресс при поддержке двух прокуристов, имеющих многолетний опыт работы, а также ведущих сотрудников.

Сфера деятельности...

Изготовление и сбыт высококачественных электроинструментов как под собственной торговой маркой, так и на заказ под маркой Клиента с соблюдением международно-правовых норм и предписаний, а также производство электромоторов на заказ.

Продукция...

Отличается высокими стандартами качества, многофункциональностью и удобством в использовании. Претензии Клиентов мы воспринимаем как руководство к действию в стремлении достигнуть совершенства. Наша продукция должна облегчать работу и приносить радость.

Развитие...

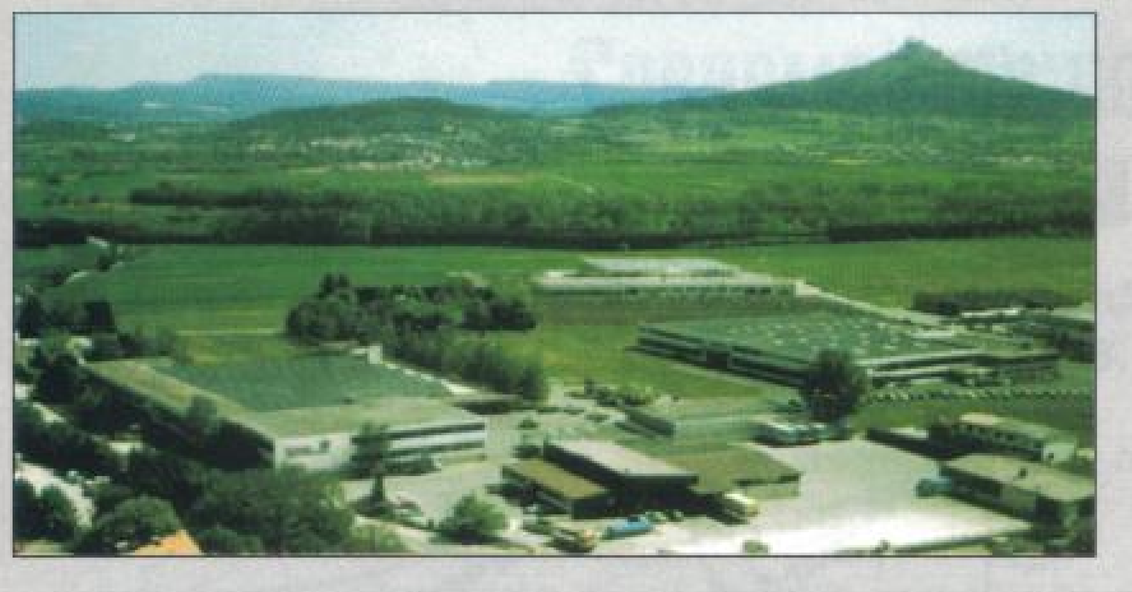
Предполагает постоянное совершенствование продукции с точки зрения качества и удобства для пользователя. Передовая продукция, предлагающая оригинальные решения и запатентованные собственные изобретения, обеспечивает преимущества в конкурентной борьбе и способствуют росту оборота.

Клиенты...

Клиенты по всему миру. Предъявляя повышенные требования, они ценят оптимальное соотношение цены-качества и инновационные продукты.

Дилерская сеть...

Распространяется по всему миру. Клиентами являются розничные торговцы, сети строительных магазинов. Мы работаем, используя методы посылочной торговли, сотрудни-



ОТМЕННОЕ КАЧЕСТВО, НЕ ЗНАЮЩЕЕ КОМПРОМИССОВ

чаем с промышленными предприятиями и другими организациями. Представительства Кресс за границей заботятся о продажах продукции целевой аудитории.

Своим успехом мы обязаны нашим деловым партнерам, которых мы стараемся вовлекать в производство и торговлю, принося Клиентам наибольшую пользу.

Сервис...

Всегда ориентирован на Клиента. Стараемся обеспечить оперативную доставку запасных частей Клиентам, чтобы сервисное обслуживание осуществлялось в максимально короткие сроки.

Производство...

Располагается в Бизингине и Ваттвиле. Возможности производственных мощностей максимально используются с учетом экономической ситуации, чтобы достигать высокой продуктивности и обеспечивать качество. Продукция сертифицирована по ISO 9001.

Сотрудники...

Должны действовать самостоятельно, принимать решения, при этом уметь работать в команде. Основные требования – это лояльность по отношению к фирме, взаимное уважение, бережное отношение к собственности предприятия, а также целенаправленное, экономически выгодное ведение торговли.

Обучение по повышению квалификации приветствуется и поддерживается в необходимом размере.

Свежие идеи, которые приносят фирме финансовую выгоду или способствуют появлению новых продуктов, ценятся и поощряются.

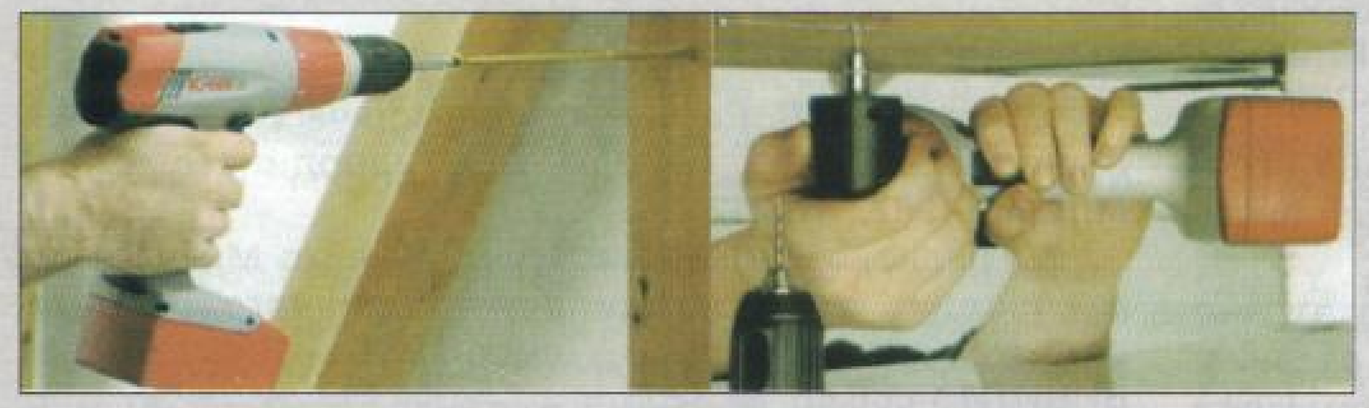
Окружающая среда...

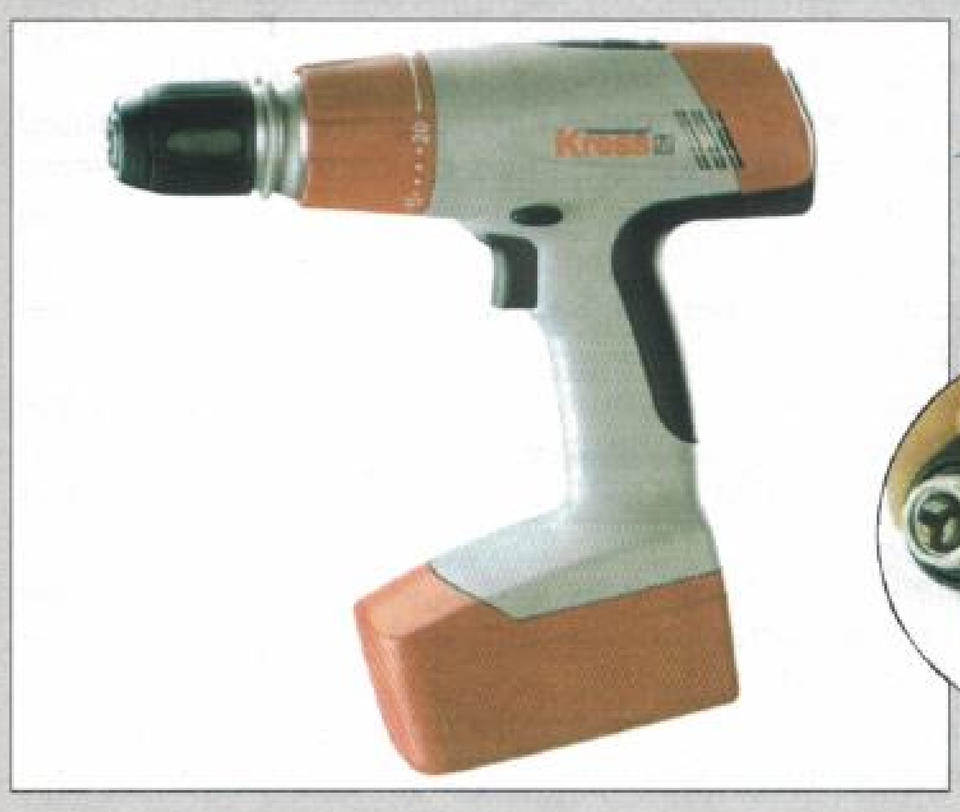
Мы стараемся не загрязнять природу. Экономно используем энергию и бережно относимся к другим природным богатствам.

Утилизация отходов проводится с соблюдением действующих норм и законов.

Наша ответственность...

Постоянно чувствуем ответственность. Мы ведем серьезную торговлю со знанием правовых норм и законов.





Электроинструменты

Kress

119017, Москва, 1-ый Казачий пер. 7
тел. (095) 737-8057/58
факс (095) 737-7681
e-mail: office_kress@col.ru
http://www.kress-elektrik.de

(Окончание. Начало на 11 стр.)

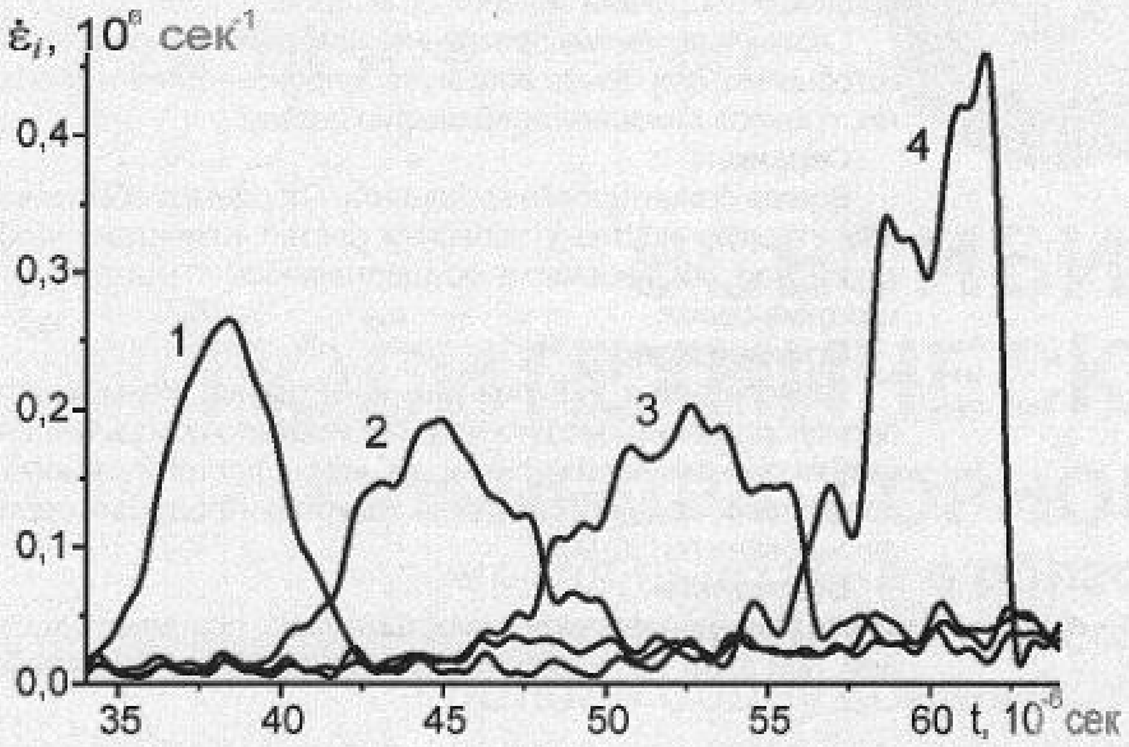


Рис. 5. Изменение интенсивности скорости деформации с течением времени

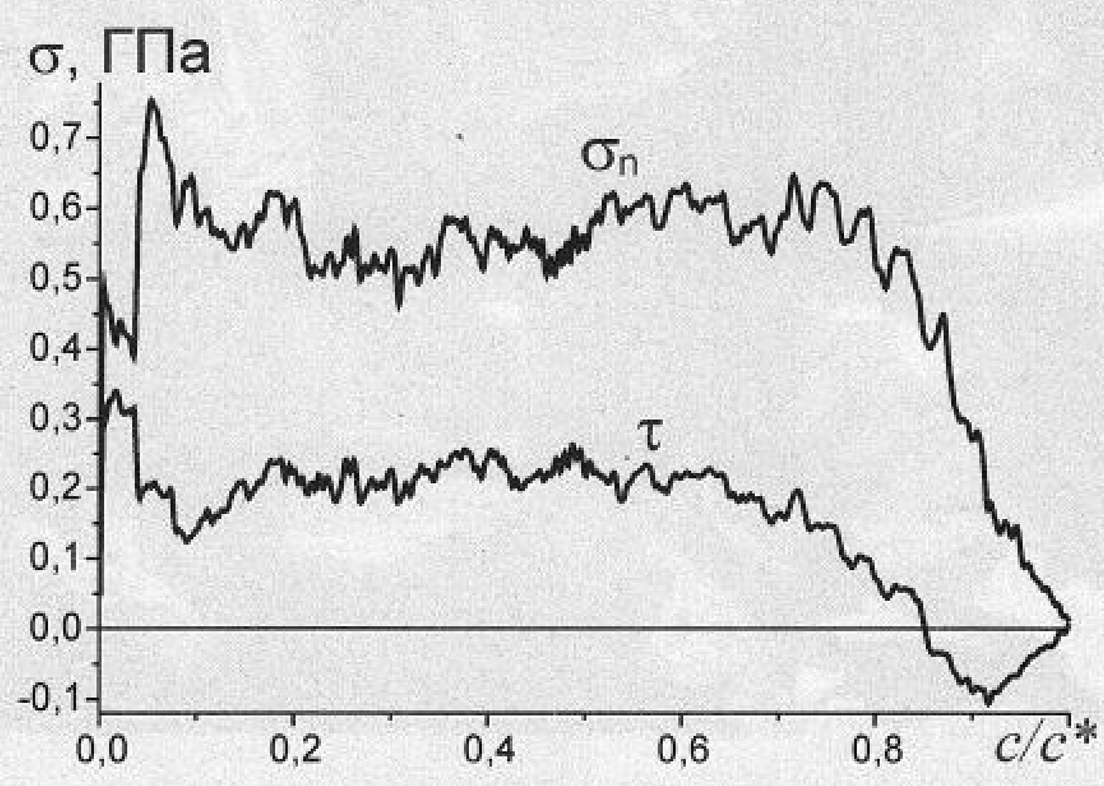


Рис. 6. Нормальная и касательная компоненты напряжений в слое стружки по длине контакта с резцом (c*=0,196 мм)

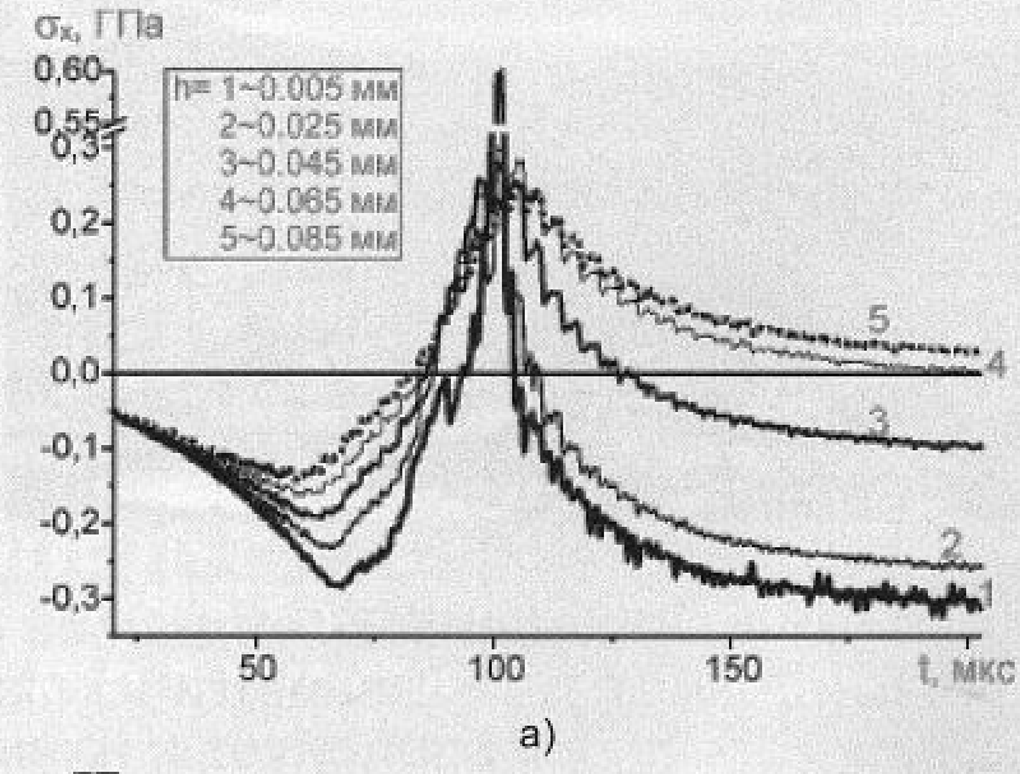
горизонтальной составляющей ситуация сильно отличается – верхние слои уже обработанной детали вновь оказываются в состоянии сжатия (рис. 7, а).

Представленная численная модель достаточно хорошо описывает многие явления процесса резания. Возможно и дальнейшее уточнение расчетов путем учета влияния температуры, задания переменного закона трения на передней грани и т.п.

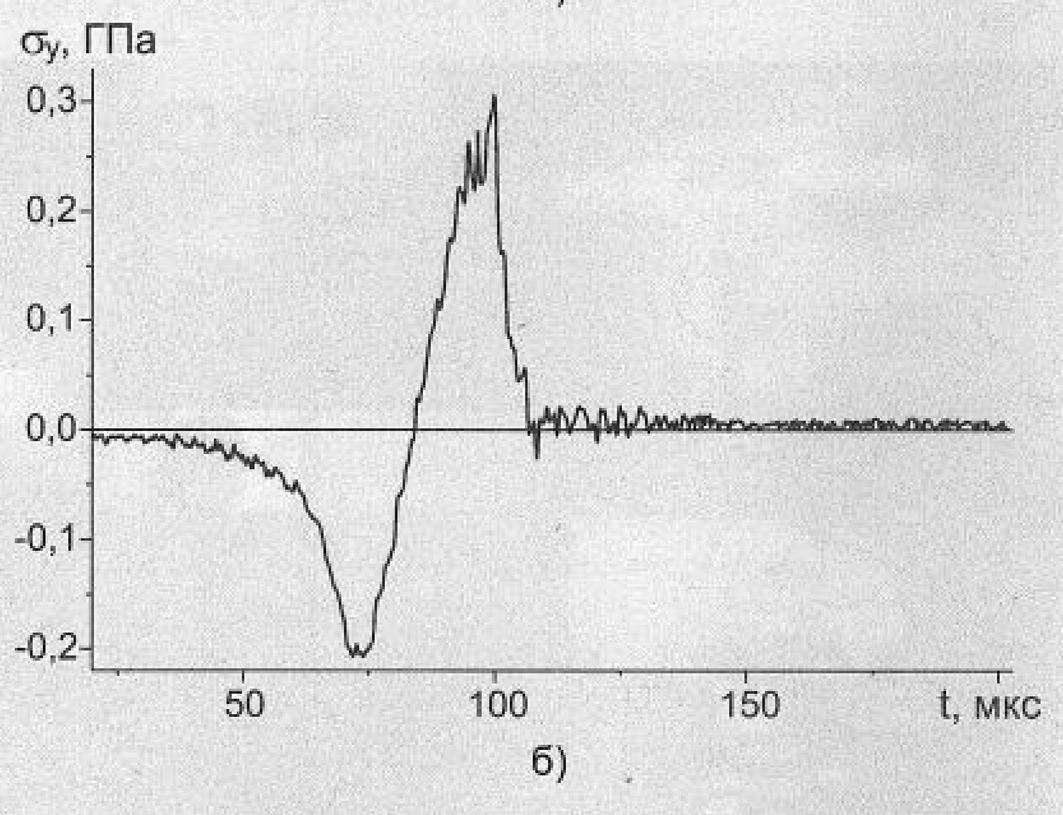
Наиболее перспективным представляется использование разработанной методики и численной модели для анализа переходных процессов и разрушения, когда учет динамических явлений становится принципиальным.

Следует заметить, что, хотя термин «установившийся процесс» (в контексте процесса сливного стружкообразования) является общепринятым, он говорит скорее об идеализации, позволяющей существенно облегчить анализ процесса, чем о его физической природе.

Разработанная модель процесса резания обладает большими возможностями. Она может оказаться полезной для широкого исследования вопросов механики сливного стружкообразования, а также нестационарных процессов резания металлов.



а)



б)

Рис. 7. Изменение σ_x-компоненты напряжений по глубине образца (а) и σ_y-компоненты напряжений в поверхностном слое (h~0,05 мм) (б) с течением времени или по мере продвижения резца

Литература

1. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений / Вычислительные методы в гидродинамике. – М.: Мир, 1967. С. 212–263.

2. Гриднева В.А., Немирович-Данченко М.М. Метод раздвоения точек сетки для численного расчета разрушения твердых тел. – Томск, 1983. – 12 с. – Деп. в ВИНИТИ 14.06.83, № 3258.

3. Chen Y.M., Willkins M.L. Stress Analysis of Crack Problems by a Three-dimensional, Time-dependent computer program // Int. J. Fract. – 1976. – V. 12(4). – P. 607–617.

4. Descombes C., Fanget A., LeRoux A.Y., An augmented Lagrangian formulation for dynamics contact/impact problems in an explicit Lagrangian finite element code // International Workshop on New Models and Numerical Codes for Wave Processes in Condensed Media, (AWE Hunting – Brae, Great Britain, 1997. P. 762–772).

5. Гулидов А.И., Шабалин И.И. Численная реализация граничных условий в динамических контактных задачах – Новосибирск: ИТПМ СО РАН, 1987. – 38 с. / Препринт № 12-87.

6. Stefanov Yu.P. Wave dynamics of cracks and multiple contact surface interaction // Theor. and Appl. Frac. Mech. – 2000. – V. 34/2. – P. 101–108.

7. Гольдшмидт М.Г. Деформации и напряжения при резании металлов. – Томск: STT, 2001. – 180 с.

Математическая модель отказа подвижного соединения пары трения-скольжения

Е.А. ПОЛЬСКИЙ, доцент, канд. техн. наук, БГТУ,г. Брянск

Процесс трения в значительной мере предопределяет износостойкость контактирующих деталей. Износостойкость характеризуется способностью поверхностных слоев деталей сопротивляться разрушению при трении скольжения, трении качения, а также при микроперемещениях, обусловленных воздействием вибраций (фреттинг-процесс). Износ деталей машин приводит к потере точности, понижению КПД, понижению прочности, увеличению динамических нагрузок, которые являются следствием увеличения зазоров в сопряжениях, повышению шума. Износ является причиной выхода из строя подавляющего большинства машин (до 80%) и их деталей. Создание узлов с минимальными потерями на трение равносильно высвобождению огромных ресурсов рабочей силы и различных материальных затрат, в том числе ремонтных предприятий, которые в среднем по машиностроению составляют не менее 60-80% основного производства [7].

Качество деталей определяется очень большим числом факторов. Для машиностроения и приборостроения качество продукции наилучшим образом оценивается на основе эксплуатационных характеристик. Обычно оценку качества проводят по показателям надежности, динамического качества, эргономичности и экономичности эксплуатации.

Практика машиностроения накопила опыт установления эксплуатационных свойств деталей, среди которых одним из основных является износостойкость. Обеспечение этого и других свойств технологическими методами связано с регламентированием двух групп показателей. К первой относят показатели геометрического, ко второй — физико-механического характера. Для деталей, работающих в условиях изнашивания, наиболее важными характеристиками оказываются среднее арифметическое отклонение профиля, средний шаг неровностей профиля по средней линии и относительная опорная длина профиля. Важнейшим показателем физико-механических свойств поверхностных слоев являются остаточные напряжения. Вид и режимы технологического воздействия определяют знак, величину и картину распределения остаточных напряжений [5].

С практической точки задача установления связей и количественных соотношений между эксплуатационными показателями и параметрами качества поверхностного слоя весьма важна и актуальна.

При решении задачи определения взаимосвязи интенсивности изнашивания и параметров состояния поверхностей трения используется зависимость для расчета величины интенсивности изнашивания, предложенная Сусловым А.Г. [6]:

$$I=\frac{2{,}5\pi\nu^{1/2}p^{7/6}}{n\lambda\,(\nu+1)t_m^{3/2}(k\sigma_T)^{2/3}}\sqrt{\frac{30(1-\mu^2)(2\pi R_a W_z H_{max})^{1/3}}{Es_m}} \qquad (1)$$

где R_a, W_z, H_{max} - геометрические показатели качества поверхности, мкм; E и μ,- механические свойства материала заготовки; n - число циклов воздействия до разрушения поверхностного слоя; λ - коэффициент, учитывающий знак и значение остаточных напряжений; σ_τ - величина остаточных напряжений, МПа; k - коэффициент упрочнения поверхности; p - удельное давление, МПа.

Данная формула показывает, что износостойкость деталей машин характеризуется комплексным состоянием поверхностей трения.

В соответствии со сложившимся представлением о процессе приработки контактирующих поверхностей деталей, одним из его результатов является образование равновесной шероховатости, которая не зависит от исходной и определяется только условиями трения [3,6].

При достижении равновесной шероховатости контактные перемещения стабилизируются, коэффициент трения и интенсивность изнашивания становятся минимальными, что возможно при реализации упругого контакта взаимодействующих тел. Однако несущая способность поверхности деталей, их коэффициент трения и интенсивность изнашивания при трении скольжения наряду с шероховатостью определяются макроотююнением, волнистостью и физико-механическими свойствами (микротвердость и остаточные напряжения). Поэтому очевидно, что образующаяся шероховатость поверхностей трения в процессе приработки будет зависеть от остальных параметров состояния поверхностного слоя контактирующих деталей. Следовательно, достижение так называемой равновесной шероховатости, зависящей только от условий трения, возможно после длительного процесса работы узла трения, когда будут стабилизированы все параметры состояния поверхностного слоя контактирующих деталей, характеризующие их несущую способность, коэффициент трения и износостойкость.

Это указывает на необходимость введения понятия равновесного состояния поверхностного слоя контактирующих деталей и соответствующей ей оценки. Впервые понятие и оценка равновесного состояния поверхностного слоя деталей были даны в работах Э.В. Рыжова, А.Г. Суслова и др., согласно которым равновесное состояние поверхностей трения характеризуется параметром [6]:

$$C_x^* = (R_p^{\nu} W_p^2 H_p^2)^{1/(\nu+4)}\,\frac{k^{(6+1/(\nu+4))}}{p_m} \qquad (2)$$

Разрешив уравнение (1) относительно параметров состояния поверхностного слоя, а также принимая во внимание требования по возможности метрологического контроля, технологического управления и приоритетность параметров качества влияющих на износостойкость и, приняв t_m=0,5, получим иную интерпретацию ком-

плексного параметра:

$$I\frac{n}{43,47(p\pi)^{7/6}}\sqrt{\frac{E}{1-\mu^2}} = \frac{(W_Z H_{max})^{1/6}}{s_m^{1/2}\,\lambda(k\sigma_T)^{2/3}}\,Ra^{2/3}(Rp - Ra)^{1/2} \quad (3)$$

или:

$$I \cdot C_M = C_R \quad (4)$$

где: C_M - комплексный параметр, зависящий от механических свойств материала контактирующей детали:

$$C_M = \frac{n}{43,47(p\pi)^{7/6}}\sqrt{\frac{E}{1-\mu^2}} \quad (5)$$

C_R - комплексный параметр, характеризующий зависимость интенсивности изнашивания поверхности от параметров качества поверхностного слоя:

$$C_R = \frac{(W_Z H_{max})^{1/6}}{s_m^{1/2}\,\lambda(k\sigma_T)^{2/3}}\,Ra^{2/3}(Rp - Ra)^{1/2} \quad (6)$$

Здесь: Ra - среднее арифметическое отклонение профиля, мкм; R_p -расстояние от линии выступов до средней линии, мкм; W_z - средняя высота волнистости по десяти точкам, мкм; H_{max} - максимальная величина макроотклонений формы поверхности, мкм; t_m - относительная опорная длина профиля на уровне средней линии; s_m - средний шаг неровностей, мкм; λ -коэффициент, учитывающий знак и значение остаточных напряжений; σ_τ -величина остаточных напряжений, МПа; k - коэффициент упрочнения, определяемый по зависимости:

$$k = \frac{HV_{max} - HV_{исх.}}{HV_{исх.}}\,100\% \quad (7)$$

где: HV_{max} и $HV_{исх.}$ - максимальная и исходная микротвердость поверхностного слоя металла.

Таким образом, при прочих равных условиях (одинаковые свойства материалов, равные условия работы узлов трения и т.д.) для достижения требуемой интенсивности изнашивания достаточно варьировать параметрами качества, входящими в комплексный параметр C_R.

Задача расчета требуемой интенсивности изнашивания должна быть решена, исходя из условия обеспечения наработки узла на отказ, что достигается на стадии конструкторской подготовки производства назначением глубины упрочнения поверхности трения, а на стадии технологической подготовки - выбором метода и условий финишной обработки. Особое место в многообразии таких методов занимает технология, которая позволяет управлять точностью размеров и качеством поверхностей трения.

Существующие технологические методы уже сейчас позволяют в отдельных случаях устранять влияние материалов трущихся деталей на их долговечность, так как позволяют создавать рабочий поверхностный слой, значительно отличающийся по физико-механическим свойствам от материала, из которого изготовлена деталь. Это позволяет экономить дорогостоящие материалы, применяемые для изготовления ответственных деталей,

работающих на трение, надежность которых определяется контактным взаимодействием их поверхностей. Причем это направление снижения себестоимости и повышения долговечности пар трения может быть использовано как при изготовлении новых машин, так и при их ремонте. Однако вопросу, какой должна быть толщина измененного слоя, определяющая износостойкость для пары трения, работающей в определенных условиях, до настоящего времени уделено недостаточно внимания.

Назначение оптимальной толщины износостойкого слоя требует, кроме учета нагрузочно-скоростных факторов, характеризующих условия работы узла трения, принимать во внимание и технологические возможности создания подобного слоя, и необходимую долговечность трущейся пары.

Сформулируем задачу следующим образом: требуется выбрать номинальное значение толщины t_y упрочненного слоя, при котором вероятность ее нахождения в пределах заданных поля допуска [a,b] и пути трения L - максимальна.

Полагаем, что процесс изменения (уменьшения) толщины поверхностного слоя может быть аппроксимирован линейной равномерной функцией (рис. 1) в области [0,b], записанной в виде:

$$t(L) = I_h L + T \quad (8)$$

где: T-начальная толщина упрочненного слоя (случайная величина); L-путь трения; I_h - детерминированная величина, представляющая собой линейную интенсивность изнашивания (4).

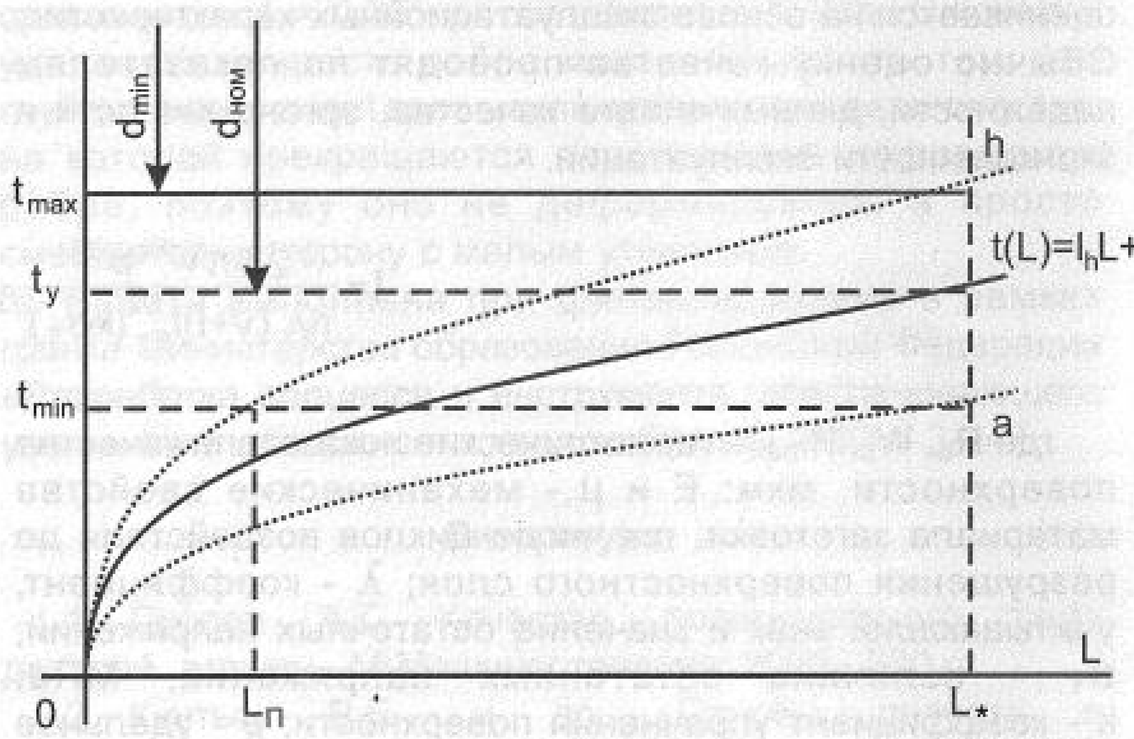


Рис. 1. График износа

В общем случае при изнашивании могут меняться физико-механические свойства приповерхностного слоя, и интенсивность изнашивания, в свою очередь, становится зависимой от пути трения. Тогда соотношение(8) представим следующим образом:

$$t(L) = I_h(L) \cdot L + T \quad (9)$$

Найдем номинальное значение толщины t_y, при котором вероятность $P(L_*,t_H)$ того, что случайная величина t(L) в интервале пути трения $[0,L_*]$ не выйдет за пределы зоны [a,b] и достигнет максимума. Рассматриваемую вероятность представим в виде:

$$P(L_*,t) = \int_a^b f\left(\frac{1}{I_h}(t-T)\right)dT \quad (10)$$

где: $f((t-T)/I_h$ - плотность распределения случайной

величины T, центрированной относительно $t_н$; L_* - заданный путь трения.

Оптимальное значение толщины износостойкого слоя найдем, взяв производную от правой части уравнения (10) и приравняв ее нулю. Тогда:

$$\frac{d}{dT}\int_a^b f\left(\frac{1}{I_h}(t-T)\right)dT=0 \qquad (11)$$

Учитывая, что величина b равна максимальному значению глубины упрочнения и соответственно равна минимально допустимому диаметру вала d_{min}, обеспечивающему работоспособность узла трения, величина a отражает минимально возможный износ (т.е. L_n=0, T=0 - кривая износа сразу принимает линейный характер установившегося изнашивания), решением этого уравнения будет:

$$f(t_y - d_{min})=f(t_y - I_h L) \qquad (12)$$

Рассмотрим частный случай: пусть толщина t(L) распределена по нормальному закону. Тогда в соответствии с (12) запишем:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\cdot\exp\left[-\frac{(t_y - d_{min})^2}{2\sigma^2}\right]= \qquad (13)$$

$$=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\cdot\exp\left[-\frac{(t_y - I_h L)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Здесь σ^2 - дисперсия, характеризующая рассеивание толщины поверхностного слоя. Отсюда оптимальное значение толщины будет равно:

$$t_н=\frac{d_{min}+I_h L}{2} \qquad (14)$$

Значение $t_н$, вычисляемое по уравнению (14), является исходным данными для определения режимов упрочняющей обработки при изготовлении деталей.

Для практического использования полученных результатов необходимо знать технологически допустимые пределы изменения толщины покрытий, закон распределения начальной толщины и его параметры. Задавшись необходимой долговечностью пары трения L, при известном значении интенсивности изнашивания I_h (4), и, зная максимальную глубину упрочнения tmax, а следовательно минимальный диаметр детали, обеспечивающий работоспособность узла трения, $d_m j_n$ (исходя из технологических возможностей), находим номинальную глубину упрочнения $t_н$.

Литература

1. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах - М.: Машиностроение, 1982 -191с.

2. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах М. Транспорт, 1987 -223с.

3. Крагельский И.В. и др. Основы расчетов на трение и износ. М. Машиностроение, 1977. 526с.

4. Расчетные методы оценки трения и износа./ Под ред. И.В.Крагельского. Брянск. БИТМ, 1975. 231с.

5. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М. Машиностроение, 1979.176с.

6. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение, 1987. -208с.

7. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиностроения.- М.: Машиностроение, 1984.- 224 с.

Технологическое обеспечение шероховатости плоских поверхностей алмазным выглаживанием

М. Н. НАГОРКИН, ассистент, БГТУ, г. Брянск

Окончательное формирование функциональных параметров поверхностного слоя деталей машин осуществляется, в основном, на заключительных этапах технологического процесса обработки заготовок – чистовых и финишных операциях. Причём значительная роль принадлежит механизму технологического наследования.

В настоящее время существует широкий спектр технологических методов, применяемых на заключительных этапах обработки поверхностей. Высокоэффективными и производительными методами формирования поверхностного слоя и управления его характеристиками, такими как шероховатость, волнистость, наклёп, остаточные напряжения и др., являются методы с применением поликристаллических сверхтвёрдых материалов (ПСТМ) – высокоскоростное резание ПСТМ (точение, фрезерование), алмазное выглаживание и др.

Анализ ряда работ показал, что недостаточно исследован ряд прогрессивных методов обработки с применением ПСТМ в плане влияния на параметры качества деталей машин из конструкционных материалов, в частности, чугуна, применяемого при изготовлении базовых элементов оборудования и технологической оснастки.

В связи с этим исследовались возможности технологических систем (ТС) формирования параметров качества плоских поверхностей деталей машин из чугуна с применением поликристаллических сверхтвёрдых инструментальных материалов и их параметрическая надёжность.

В качестве объекта исследования рассматривались ТС алмазного выглаживания (АВ) плоских поверхностей деталей из чугуна СЧ20. АВ осуществлялось выглаживателем упругого действия с периферийным индентором (радиус вершины 3 мм) из поликристаллического алмаза марки АСПК (карбонадо).

С целью теоретического определения условий

безотрывной обработки АВ плоских поверхностей, имеющих волнистость после предварительной обработки, рассматривалась динамическая модель ТС АВ, представляющая собой многомассовую замкнутую техническую систему с упругими связями между элементами. Её параметры (рис. 1): ξ - колебания, воздействующие на ТС АВ через корпус выглаживателя упругого действия со стороны многомассовой станочной системы; c_1 – жёсткость упругого элемента выглаживателя; c_2 – жёсткость упругой системы "оборудование – корпус выглаживателя", m - масса подвижной части инструмента; Q - сила выглаживания; F - коэффициент трения вязкого демпфирования между контактирующими поверхностями устройства ППД при наличии смазки.

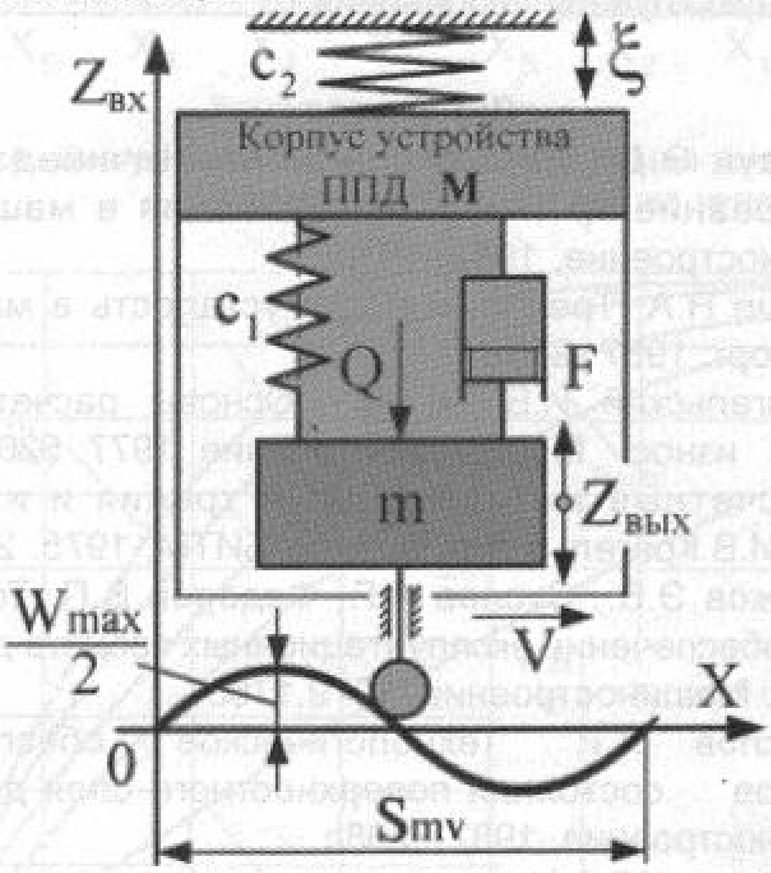


Рис1. Модель ТС АВ плоской поверхности

Решение дифференциального уравнения модели при $c_2 >> c_1$ позволило определить предельно допустимую из условия безотрывности выглаживания волнистой поверхности скорость обработки V:

$$V \leq \frac{Smw}{2\pi}\sqrt{\frac{2Q}{Wmax \cdot m}} \quad (1)$$

В условие (1) входят как параметры волнистости предварительно обработанной поверхности (W_{max}, S_{mw}), так и конструктивный (m) и силовой (Q) факторы алмазного выглаживания.

Построение имитационных моделей формирования параметров шероховатости в ТС АВ плоских поверхностей осуществлялось методом активного многофакторного эксперимента. В качестве факторов рассматривались как условия предварительной обработки: подача X_1 - $S_{z\ фрез}$, скорость X_2 - $V_{фрез}$, взаимодействие факторов X_6 - $S_{z\ фрез} \cdot V_{фрез}$ - для предварительного торцевого фрезе-рования композитом 10, $Ra_{НСХ}$ - шероховатость поверхности после предварительного плоского шлифования периферией абразивного круга; так и режимы АВ - сила выглаживания X_3 - Q, подача на индентор X4 - S_z, скорость выглаживания X_5 - V, взаимодействие, характеризующее мощность воз-действия индентора на поверхность в процессе вы-глаживания X_7 - $Q \cdot V$ (X_7).

Представленные микрофотографии участков плоских поверхностей (рис. 2) тёмным фоном отражают наличие графитовых включений в материале образцов, а светлого - их отсутствие (или малое количество).

Анализ микрофотографий показывает, что сплошность поверхностного слоя [1] зависит как от шероховатости предварительно обработанной поверхности $Ra_{НСХ}$ = 10-1 мкм, так и от силы выглаживания Q = 30-150Н.

Установлено следующее: 1) при шероховатости исходной поверхности Ra = 10-3 мкм угол А между векторами скоростей выглаживающего индентора и вершины режущей части зуба фрезы оказывает влияние на сплошность выглаженной поверхности; 2) с уменьшением шероховатости предварительно обработанной поверхности до Ra - 2 мкм и ниже влияние вектора скорости на изменение сплошности поверхности не улавливается.

Исходя из этого, с целью обеспечения высокой сплош-

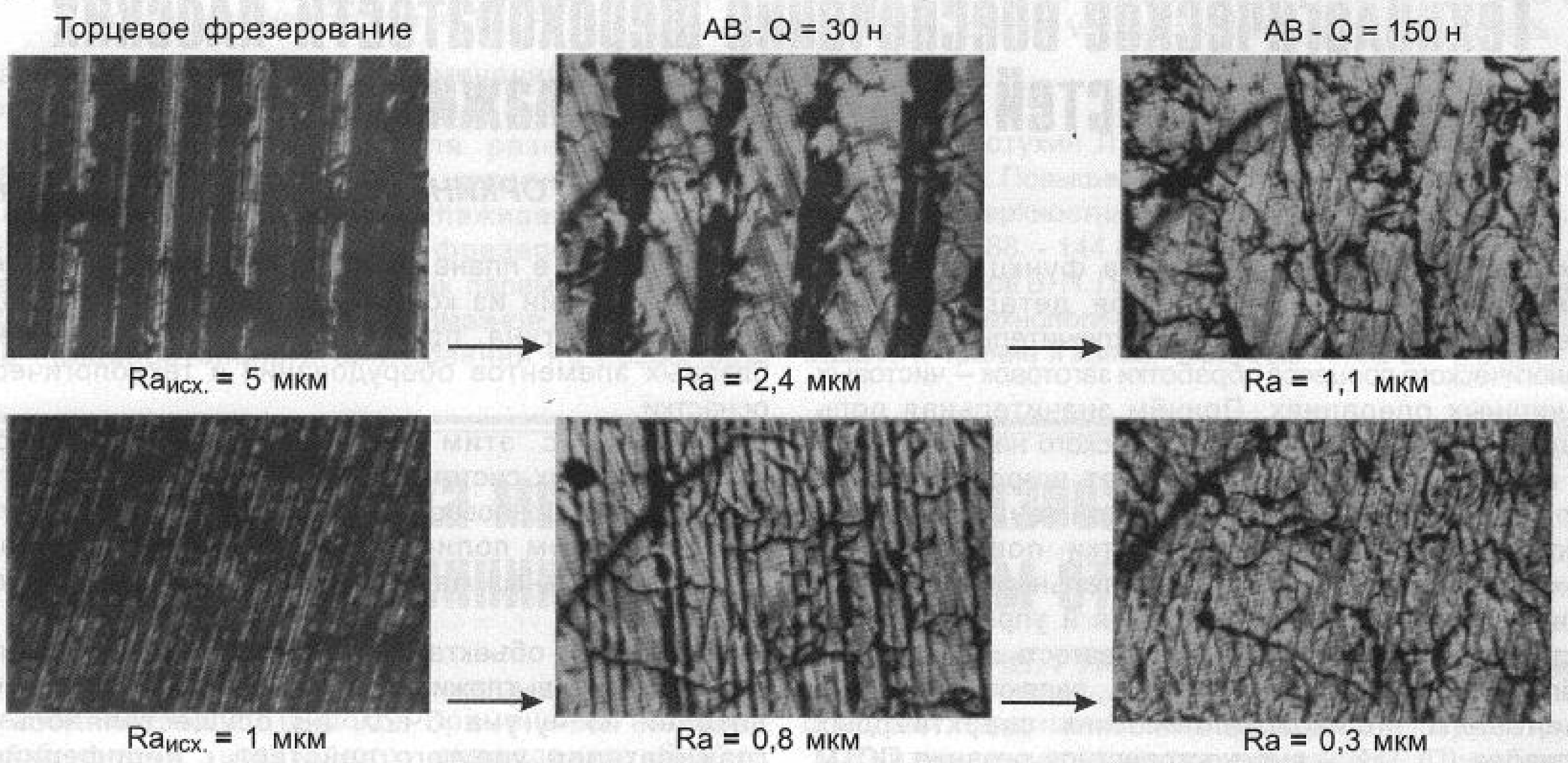


Рис. 2. Микрофотографии плоских поверхностей образцов из чугуна, сформированных в ТС "торцевое фрезерование композитом 10 - АВ"

(Продолжение на 23 стр.)

Промышленный пневматический инструмент Fuji (Япония)

Fuji Air Tools

Промышленная пневматика в России была представлена до недавнего времени всего двумя марками, имеющими достаточно широкий ассортимент и высокое качество, не считая пневмоинструмента для автомастерских и ремонта.

Высокое качество, значительно более высокий рабочий ресурс, эргономичность, низкие уровни шума и вибрации – основные требования наших промышленных предприятий. Российские заводы заинтересованы в таком инструменте и закупают его все больше.

Широкому применению промышленного импортного инструмента мешает только его очень высокая цена, отличающаяся от российской на порядок. Поставляя западный промышленный пневмоинструмент, нам часто приходилось слышать вопросы типа:

«Нет ли у Вас инструмента такого же высокого качества, но раза в 1,5 - 2 раза дешевле?»

Сегодня мы готовы предложить Вам такую марку, – инструмент **FUJI** (Япония).

В производственной программе **FUJI** есть вся линейка применяемого в промышленности инструмента. Каждая серия включает в себя большой ряд моделей, отличающихся скоростью, мощностью и весом, что позволяет подобрать инструмент под конкретную операцию, получая максимум производительности и надежности.

Например, серия ручных дрелей **FUJI** включает 20 моделей с патронами под сверла диаметром от 3 мм до 16 мм и скоростями от 600 до 24000 об/мин.

Обобщенно программа пневматического инструмента **FUJI** выглядит так:

- угловые и горизонтальные шлифмашины под круги от 50 до 230 мм
- шлифмашины под цангу 6 мм и кордщетку от 65 до 200 мм
- эксцентриковые шлифовальные машины с отсосом пыли
- дрели под сверло от 3 мм до 16 мм
- большие прямые и угловые сверлильные машины под сверло от 12 мм до 100 мм
- машины для нарезки резьбы в отверстиях от 6 до 100 мм
- молотки рубильные от 1,5 до 7 кг,
- молотки клепальные под стальную заклепку до 32 мм
- пневмогидравлические гайковерты и шуруповерты для сборочных работ с точной настройкой момента под резьбы от М4 до М22
- гайковерты ударные под резьбы от М4 до М100
- трамбовки весом 1,5 – 12 кг и прочее.

В группе шлифовальных машин **FUJI** есть специальные серии инструмента с улучшенными характеристиками по вибрации притом, что весь инструмент сертифицирован и имеет разрешение санитарных служб. Эти серии соответствуют особым требованиям, применяющимся в Европе на отдельных производствах.

Так шлифмашины под борфрезу с цангами 3 – 6 мм и скоростями 18000 – 100000 об/мин оснащены сдвоенными

подшипниками, что уменьшает вибрацию, увеличивает точность и надежность инструмента в работе.

В шлифмашинах под круг до 230 мм, наиболее популярных инструментах для черновой обработки металлических конструкций, применяются специальные виброизолированные рукоятки, что позволяет увеличить продолжительность работ инструментом без опасности причинения вреда здоровью работника.

Компания «Росмарк» уделяет внимание не только условиям продажи, но и сопровождению своих клиентов. Мы отслеживаем работу наших инструментов на Ваших предприятиях и всегда готовы провести плановое обслуживание и, если потребуется, ремонт. На сегодняшний день инструмент **FUJI** поставок 80-х годов и поставок последнего времени одинаково исправно работает на Ленинградском Металлическом заводе, Архангельском ЦБК и других предприятиях России.

Имея трехлетний опыт решения технологических задач с применением пневмоинструмента, мы можем предложить на выбор ряд комплексных решений по поставке инструментов, шлангов, блоков очистки воздуха и компрессора: от систем скомпанованных из оборудования полностью российского производства до высококачественного оборудования лучших производителей мира.

Компания «Росмарк»

СПб, 193015, ул. Кавалергардская, 6

тел.: (812) 327-39-39, 275-26-69; факс: (812) 275-26-70

e-mail: dvortsov@rosmark.ru; www.rosmark.ru

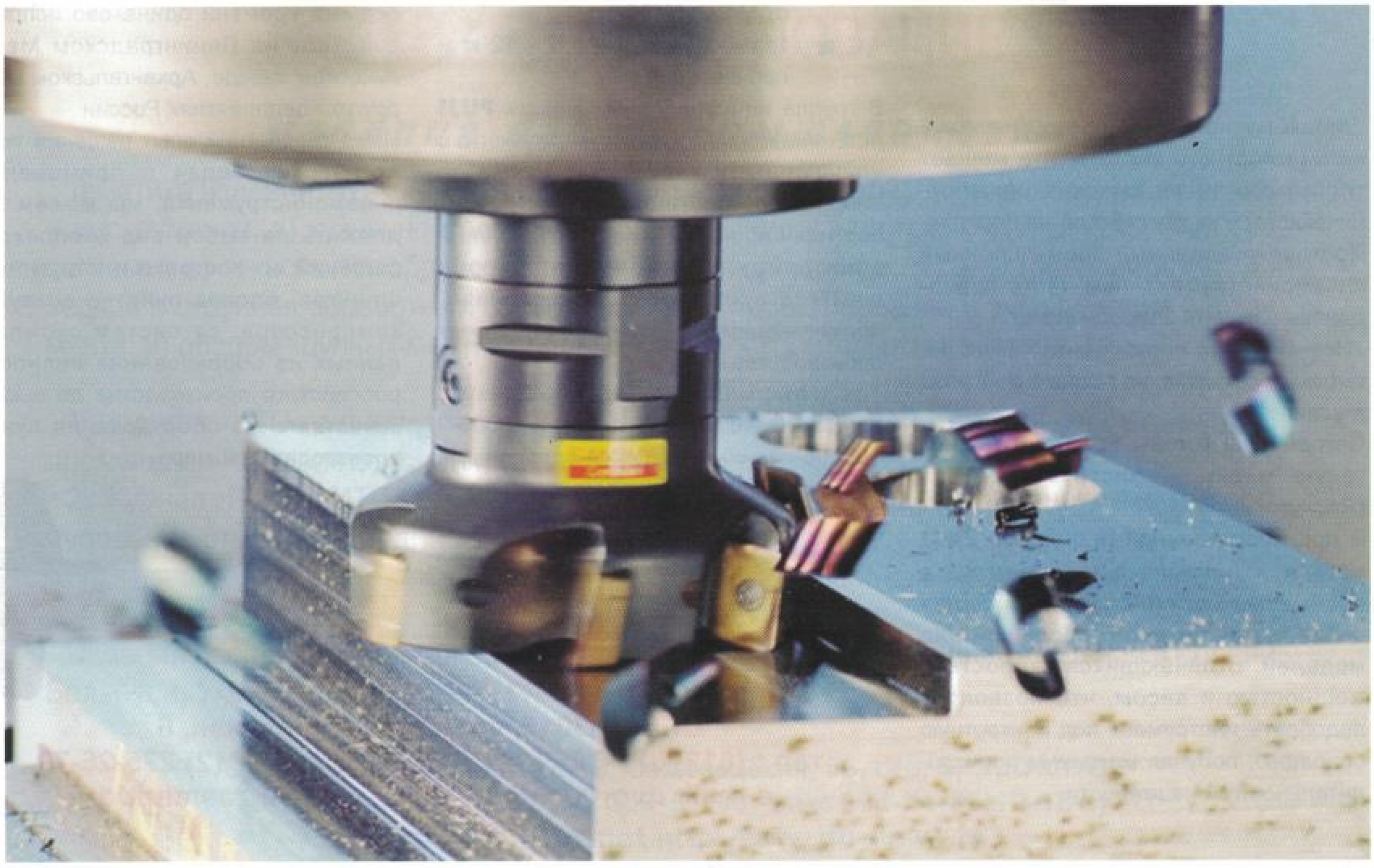
SANDVIK
Coromant

Высокопроизводительная обработка фрезами CoroMill R390

Фирма Sandvik Coromant представляет свою новую разработку – торцевые фрезы R390 с пластинами 18мм. Они предназначены для высокопроизводительного удаления больших объемов металла с плоскостей и одновременного получения точных прямоугольных уступов. С равным успехом фрезы используются и для обработки пазов.

Новые фрезы обладают целым рядом преимуществ:

- ◆ Высокой производительностью работы, что позволяет полностью реализовать мощностные возможности тяжелых фрезерных станков с низкими максимальными оборотами шпинделя засчет увеличения глубин резания и подач.
- ◆ Высокой стойкостью пластин при обработке отливок и поковок с грубой коркой, так как имеется возможность удалить дефектный слой за один проход.
- ◆ Повышенной надежностью при работе в неблагоприятных условиях. Во фрезах этой серии используются усиленные пластины 18мм, которые имеют увеличенную толщину 6,35 мм и развитую опорную поверхность, что избавляет от необходимости использовать опорные пластины. Такое решение является единственно возможным для компактных торцецилиндрических фрез, обеспечивающим одновременную работу как с большой глубиной резания (до 15,7 мм), так и с большой подачей на зуб.
- ◆ Режущие пластины 18мм унифицированы как для торцевых, так и для длиннокромочных фрез Sandvik, что способствуют сокращению номенклатуры инструментов для обработки уступов.
- ◆ Высокая точность получаемого уступа и отличное стружкоудаление обеспечивается винтовой геометрией пластин.



Наибольшая производительность достигается на многоцелевых станках, где для комплексной обработки детали с 5 сторон требуются не только высокопроизводительные торцевые фрезы но и цилиндрические.

Компактная конструкция с интегрированным хвостовиком Coromant Capto, обеспечивая максимальную жесткость крепления, идеально подходит для работы на оправках с большим вылетом.

Фреза	Область применения	Макс. глубина резания за 1 проход, мм	Диапазон диаметров фрез, мм
R390 -11 11 мм	Обработка узких и глубоких пазов. Сверление с винтовой интерполяцией и выборка закрытых полостей. Высокоточная размерная обработка.	**10**	**12 - 80**
R390 -17 17 мм	Обработка пазов, плоскостей и уступов средних размеров. Сверление с винтовой интерполяцией и выборка закрытых полостей. Высокоточная размерная обработка.	**15,7**	**25 - 125**
R390LE -11 18 мм	Обработка узких пазов. Получистовая обработка кромок и стенок.	**36 - 63**	**32 - 66**
R390LE -18 11 мм	Обработка пазов, кромок стенок и выборок, сопряженная с большим съемом металла.	**43 - 85**	**40 - 200**
R390 -18 18 мм	Обработка плоскостей и уступов, сопряженная с большим съемом металла.	**15,7**	**40 - 200**

ОАО “САНДВИК-МКТС”

127018, Москва, ул. Полковая, 13
тел.:(095) 956-50-80, 289-25-90
факс:(095) 289-71-24, 916-71-89
order-russia.coromant@sandvik.com

KAZANSKAYA YARMARKA

Министерство экономики и промышленности РТ
Министерство экологии и природных ресурсов РТ
Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РТ
Министерство торговли и внешнеэкономического сотрудничества РТ
Администрация г. Казани
ОАО "Казанская ярмарка"

26-29 ноября 2002

ПРИГЛАШАЕМ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

МЕТАЛЛООБРАБОТКА
СТАНКИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Заготовка, транспортировка и механическая переработка, производство, химическая обработка, технологическое оборудование, продукция, комплектующие, станки и инструмент,

ДЕРЕВООБРАБОТКА

народные промыслы, контрольно измерительные приборы и аппаратура, инвестиционные проекты, энергосберегающие технологии, экология,

утилизация отходов, внедрение безотходных производств, техника труда и пожарной безопасности, спецодежда

ВЦ "Казанская ярмарка", 420059, Республика Татарстан,
г.Казань, Оренбургский тракт, 8
тел/факс: (8432) 77-58-84, 64-33-02, 64-33-22;
E-mail: vico@tbit.ru

ИТО

ИНСТРУМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОРУДОВАНИЕ

Издания для промышленности

Тематика изданий: а) экономика и финансовые инструменты; б) металлорежущие станки и инструменты; в) кузнечно-прессовое оборудование; г) системы ЧПУ; д) CAD/CAM/CAE системы; е) технология обработки резанием, шлифованием; ж) электроэрозионная, лазерная и струйная обработка и оборудование; з) проектирование и эксплуатация инструмента; и) обзоры крупных международных машиностроительных выставок и др.

Издания включают

1. Журнал «ИТО» с аналитической информацией о мировой станкоинструментальной промышленности (подписной индекс — 80408).
2. Журнал «Рынок: ИТО» с информацией о номенклатуре и ценах на инструмент и оборудование стран СНГ(подписной индекс — 81248).
3. Газета «ИТОновости» — дайджест по актуальным вопросам машиностроения.
4. Брошюры, буклеты, листовки и газеты предприятий.

Издания распространяются по 3000 адресам предприятий машиностроения в России, Беларуси, Украине, Казахстане и Литве.

Адрес: **105023, Москва, ул. Б. Семеновская, 55, стр. 5, ООО «ИТО»**
Тел./факс: **(095) 366-98-00, 369-57-08, факс 264-44-55(10-18ч.)**
E-mail: **ito@ip.sitek.net, http:/www.ito-news.ru**

(Окончание. Начало на 18 стр.)

ности поверхности целесообразно осуществлять предварительную обработку с малой шероховатостью, либо увеличивать угол А. Первый вариант ведёт к более высоким затратам, а второй – к тщательному выбору геометрических параметров инструмента: диаметра торцевой фрезы для предварительной обработки и диаметра расположения индентора в алмазном выглаживателе. Этот вариант является с экономической точки зрения более эффективным.

Проведение экспериментов с целью построения имитационных моделей формирования параметров качества в ТС "торцевое фрезерование композитом 10 - АВ" осуществлялось при уровнях факторов: $S_{z\ фрез}$ = (0,05 - 0,25) мм/зуб; $V_{фрез}$ = (311-622) м/мин; Q = (50 - 150) н; S_z = (0,025 - 0,16) (мм/об); V = (35 - 90) (м/мин). При исследовании технологической управляемости параметрами качества АВ" режимы шлифования выбирались для обеспечения шероховатости $Ra_{нсх}$ - (0, 1 6 - 0,6) (мкм).

АВ осуществлялось на фрезерном станке FQW-400 с системой управления CNC-H646 как представителе фрезерных станков с компьютерными системами ЧПУ.

На основе результатов экспериментов построены имитационные модели формирования ряда параметров шероховатости плоских поверхностей деталей из чугуна при указанных условиях: Ra, Rz, Rmax, Rp, Sm, p, b, v, A.

В общем случае имитационные модели формирования параметров шероховатости в ТС АВ плоских поверхностей деталей имеют вид:

а) в случае предварительного торцевого фрезерования:

$$Y_i = \beta_{i0} \cdot S_{z\,фрез}^{\beta i1} \cdot V_{фрез}^{\beta i2} \cdot Q^{\beta i3} \cdot S_{z\,AB}^{\beta i4} \cdot V_{AB}^{\beta i5} \cdot (S_{z\,фрез} \cdot V_{фрез})^{\beta i6} \cdot (Q \cdot V)^{\beta i7} \quad (2)$$

б) в случае предварительного шлифования периферией абразивного круга:

$$Y_i = \beta_{i0} \cdot Ra_{исх.}^{\beta i1} \cdot Q^{\beta i2} \cdot S_z^{\beta i3} \cdot V^{\beta i4} \quad (3)$$

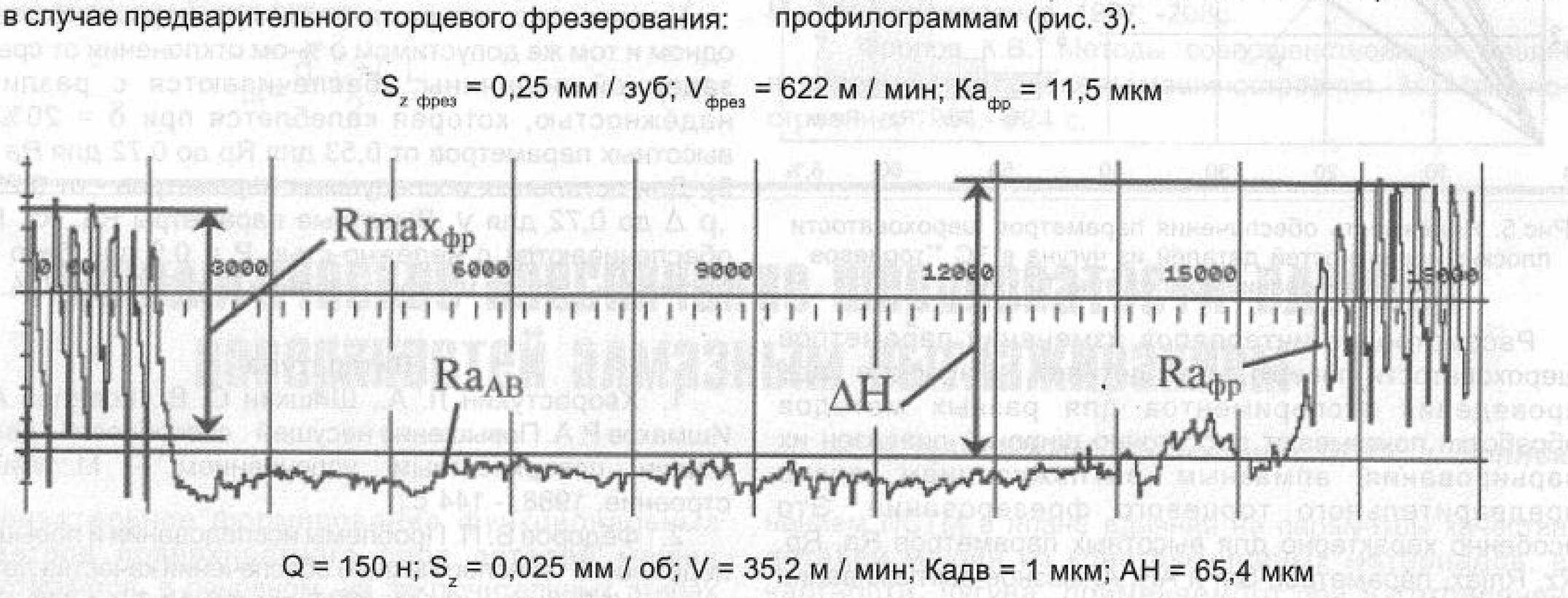
где Yi - элемент множества Yi = {Ra, Rz, Rmax, Rp, Sm, p, b, v, A}; Pi... - параметры модели.

Так, модель формирования параметра Rp ТС "торцевое фрезерование композитом 10 - АВ" имеет вид:

$$Rp = 6.67 \cdot S_{z\,фрез}^{-0,002} \cdot V_{фрез}^{-0,15} \cdot Q^{-0,49} \cdot S_{z\,AB}^{0,21} \cdot V_{AB}^{0,04} \cdot (S_{z\,фрез} \cdot V_{фрез})^{0,51} \cdot (Q \cdot V)^{0,06}, мкм.$$

Анализ значений критериев Кохрена, Стьюдента и Фишера показывает, что дисперсии в опытах плана эксперимента однородны, большинство факторов статистически значимы, а модели адекватны экспериментальным данным. Наиболее высокая значимость соответствует взаимодействиям факторов, что подчёркивает правильность включения их в план исследований.

Помимо параметров шероховатости, строились имитационные модели величины остаточной деформации поверхности АН в направлении действия силы обработки Z, которая должна учитываться при проведении точностных технологических расчётов. Её величина определялась по профилограммам (рис. 3).



$S_{z\ фрез}$ = 0,25 мм / зуб; $V_{фрез}$ = 622 м / мин; $Ka_{фр}$ = 11,5 мкм

Q = 150 н; S_z = 0,025 мм / об; V = 35,2 м / мин; Кадв = 1 мкм; АН = 65,4 мкм

Рис. 3. Типовая профилограмма для определения остаточной деформации поверхности детали из чугуна в ТС "торцевое фрезерования композитом 10 - АВ"

Установлено, что в ряде случаев остаточные деформации обработанных поверхностей превышают максимальную величину неровностей Rmax после предварительной обработки фрезерованием. Этот факт можно объяснить уплотнением поверхностных слоев материала засчёт вытеснения из глубинных слоев на поверхность свободного графита при увеличении Q.

Ранжирование факторов обработки по степени влияния на исследуемые параметры осуществлялось методом Парето, применение которого рекомендуется стандартами ISO серии 9000. Кумулятивные кривые накопленного процента влияния факторов обработки на исследуемые параметры качества поверхностей (рис. 4) позволяют выбрать факторы, обеспечивающие 70 %-ый вклад (группа А) в формирование как отдельного, так и комплекса параметров с целью технологического управления их величиной.

В частности, анализ Парето показывает высокую согласованность влияния взаимодействия $X_6 = S_{z\,фрез} \cdot V_{фрез}$ на формирование подавляющего большинства рассматриваемых параметров качества поверхности. К основным рычагам "технологического управления" качества следует отнести факторы X_6 - $S_{z\ фрез} \cdot V_{фрез}$, X_3 - Q, X_4 - S_z, X_7 - Q • V.

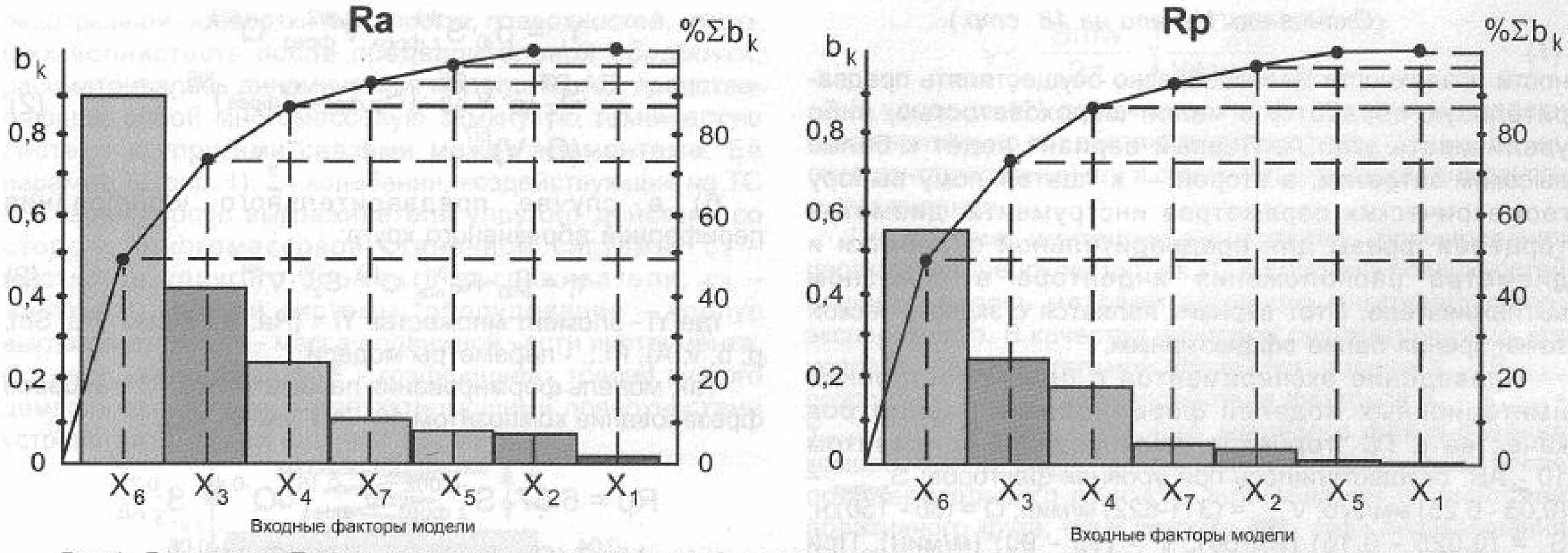


Рис.4. Диаграммы Парето степени влияния входных факторов на формирование параметров шероховатости плоских поверхностей деталей из чугуна в ТС "торцевое фрезерование композитом 10 -АВ"

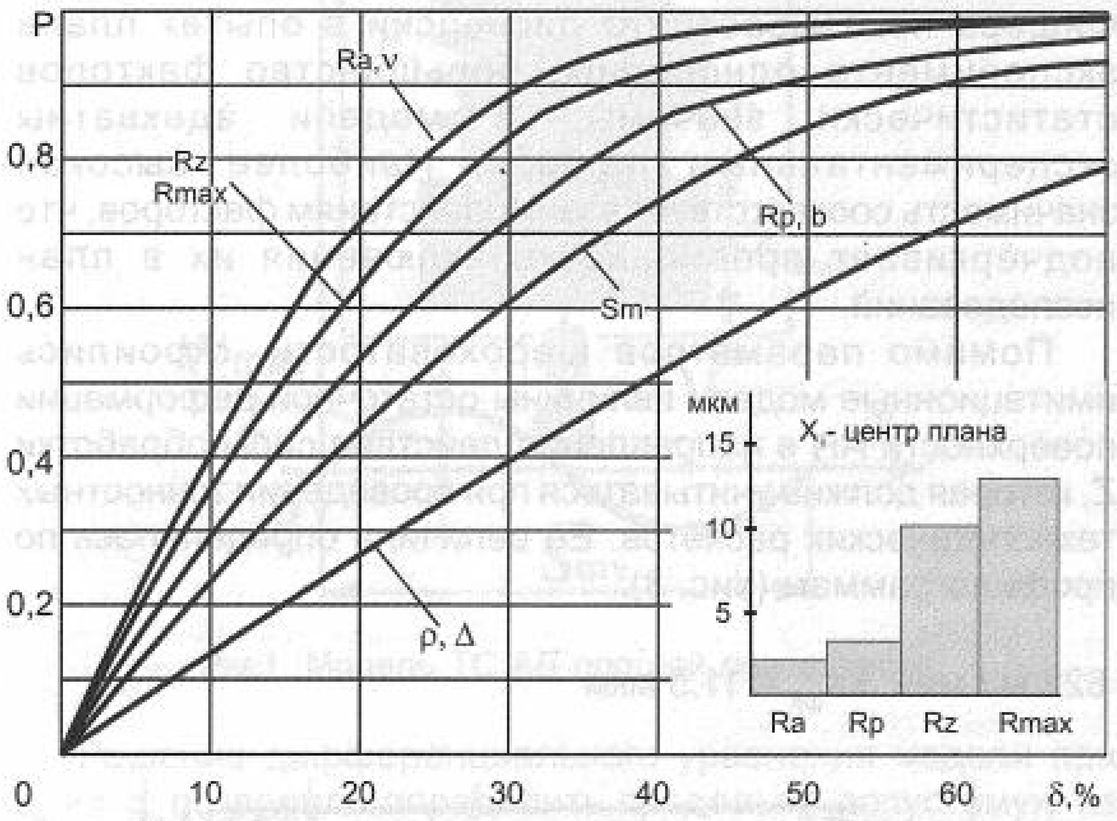


Рис.5. Надёжность обеспечения параметров шероховатости плоских поверхностей деталей из чугуна в ТС ""торцевое фрезерование композитом 10 - АВ"

Рассмотрение интервалов изменения параметров шероховатости поверхностей деталей из чугуна в ходе проведения экспериментов для разных методов обработки показывают достаточно широкий диапазон их варьирования алмазным выглаживанием после предварительного торцевого фрезерования. Это особенно характерно для высотных параметров Ra, Rp, Rz, Rmax, параметров Sm и АН. Алмазное выглаживание после предварительного шлифования не позволяет осуществлять управление выходами технологической системы в широких пределах. В связи с этим, предварительная обработка шлифованием может быть рекомендована для поверхностей деталей с повышенными требованиями к точности.

Надёжность технологического обеспечения парамет-ров шероховатости в исследуемых ТС АВ определялась как вероятность выполнения задания для параметра Y_i в симметричном δ - интервале $P\{Y_i \in (\bar{Y}_i \pm \delta\bar{Y}_i)\ (0 < \delta < 1)$ [2] по результатам обработки данных машинного эксперимента над имитационными моделями (2) и (3), проведенного по схеме Монте-Карло [2].

Установлено, что различные параметры качества при одном и том же допустимом δ %-ом отклонении от средней заданной величины обеспечиваются с различной надёжностью, которая колеблется при δ = 20% для высотных параметров от 0,53 для Rp до 0,72 для Ra (рис. 5). Для остальных исследуемых параметров - от 0,25 для ,ρ Δ до 0,72 для ν. Высотные параметры Ra, Rz, Rmax обеспечиваются с надёжно-стью P = 0,9 при 5 до 35%, параметры Sm, b, ν - при значении 6 от 30% до 60%.

Литература

1. Хворостухин Л. А., Шишкин С. В., Ковалёв А. П., Ишмаков Р. А. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением - М.: Машиностроение, 1988. - 144 с.;

2. Фёдоров В. П. Проблемы исследования и повышения надёжности технологического обеспечения качества деталей машин. // Трение и износ, 1997, том 18, № 3. - с.349 - 360.

Разработка метода формообразования ребер теплообменников пластическим оттеснением

Р.В. ГУРОВ, аспирант, БГТУ, г. Брянск

Сейчас все более широкое применение находят теплообменники воздушного охлаждения (ТВО). Наибольшее распространение получило поперечно-винтовое оребрение. Наилучшими теплотехническими и технологическими свойствами обладают теплообменники с ребрами, представляющими одно целое с несущей трубой.

Учитывая достоинства монолитного оребрения, распространенность оборудования для поперечно-винтовой накатки, на кафедре «АТС» предложили метод изготовления теплообменников выдавливанием ребер с

помощью деформирующего резца или ролика. Этот метод применим как в условиях единичного производства на универсальном оборудовании, так и в условиях крупносерийного производства на специальном оборудовании, аналогичном применяемому для метода ВНИИМЕТМАШ.

Сущность метода состоит в следующем. Инструмент (резец или ролик) специального профиля совершает продольное перемещение относительно заготовки трубы, а сама труба - согласованное вращательное движение (аналогично процессу нарезания резьбы). При этом происходит вытеснение материала из-под инструмента и формирование ребра. В отличие от применяемого сейчас метода поперечно-винтовой прокатки материал ребра выдавливается из-под ролика и последовательно перекладывается вправо-влево, то есть роль второго инструмента играет сам деформируемый материал. Обработка является многопроходной. Для увеличения производительности можно заменить одиночный инструмент на сложный сборный, состоящий из набора роликов разного диаметра, то есть получать ребра методом поперечно-винтового накатывания.

В основу теоретической модели, описывающей предложенный метод, было положено предположение об аналогичности процессов формирования ребер теплообменников и элементов шероховатости. Базовой теоретической зависимостью является зависимость, разработанная профессором Сусловым А.Г. [1]:

$$Rz=h_1+h_2+h_3+h_4, \quad (1)$$

где составляющие определяются:

h_1 - геометрией и кинематикой перемещения инструмента;

h_2 - колебаниями инструмента относительно заготовки;

h_3 - пластическими деформациями у вершины выступов шероховатости;

h_4 - шероховатостью рабочих поверхностей инструмента.

В приложении к данному методу влияние составляющих h_2 и h_4 будет пренебрежимо мало. Так как при выдавливании ребер преобладающими становятся процессы пластического оттеснения материала из-под инструмента, то необходимо введение дополнительной составляющей h_5 в формулу (1).

Составляющие h_1 и h_3 рассчитываются по следующей зависимости: $h_1 + h_3 = Rz_{i-1} + t$

где: Rz_{i-1} - высота ребра на предыдущем проходе; t - глубина внедрения (рис. 1).

На первом проходе $h_1 + h_3$ будет равняться t. По достижении hi критической величины, рассчитываемой по [1], её значение перестает изменяться.

Составляющая h_5 (рис. 2) рассчитывается, исходя из равенства объемов металла до – и после деформации (площадей - для плоской деформации). $h_5 = F_{выт}/hs$.

где $F_{выт}$ - вытесняемая площадь на данном проходе; hs - критическая толщина ребра.

Зависимость для определения площади вытеснения имеет вид:

$F_{выт}=F_{Rzi-1+t} - F_{Rzi-1}$ – при $Rz < lкр$

$F_{выт}=F_{lкр+t} - F_{lкр}$ - при $Rz > lкр$

где: $F_{Rzi-l+t}$, $F_{lкр+t}$ и F_{Rzi-1}, $F_{lкр}$ - полная вытесненная площадь на данном и предыдущем проходе; lкр - расстояние от корня ребра до критического сечения (рис.3).

lкр показывает, на каком расстоянии от корня ребра прекращается процесс пластической деформации материала и начинается отгибка ребра. Для расчета этого

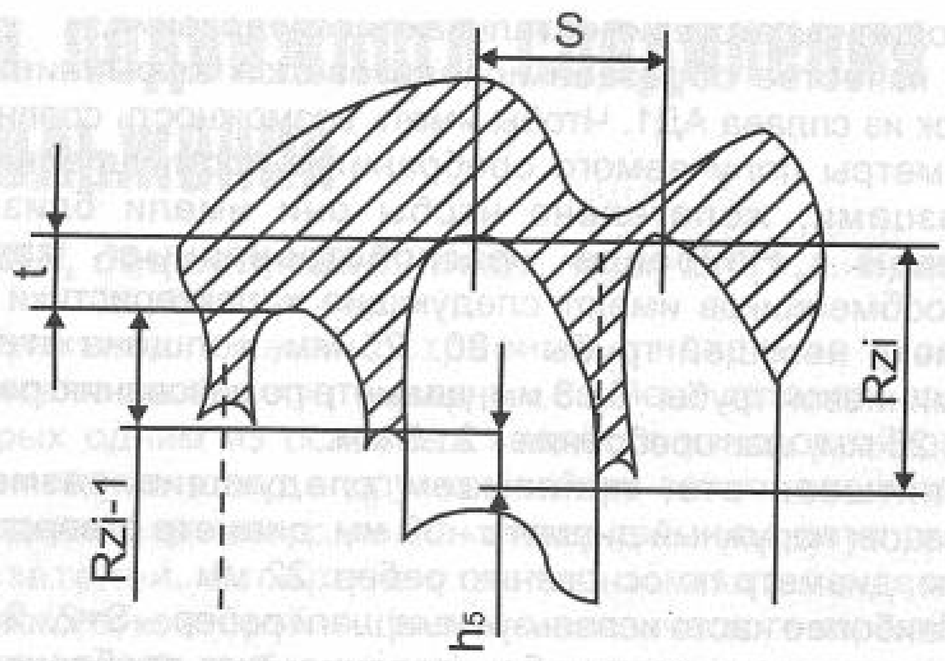


Рис. 1. Геометрические параметры процесс

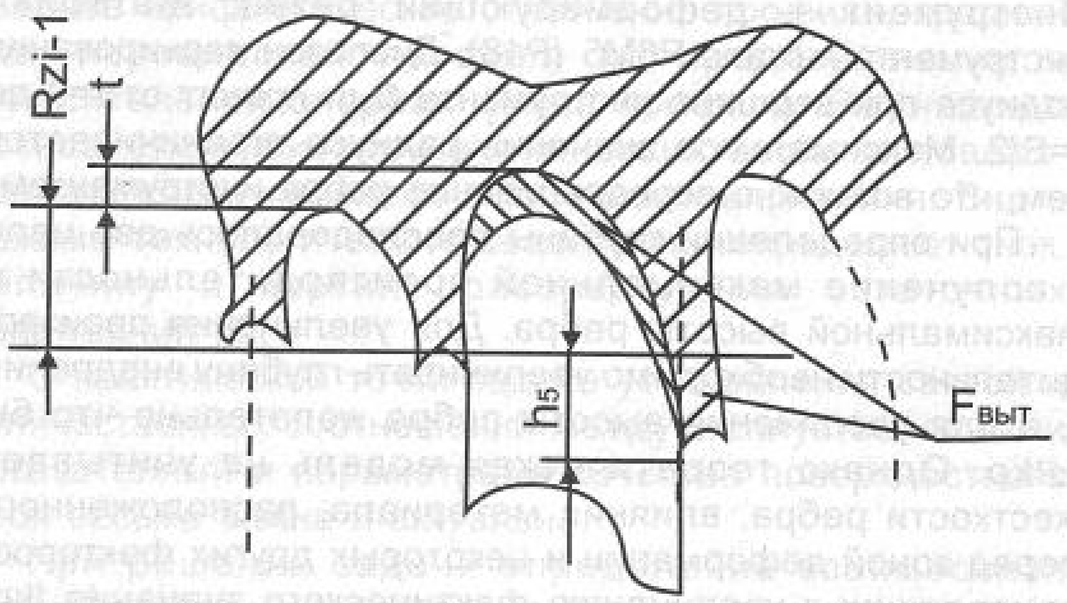


Рис. 2. Определение составляющей h_5

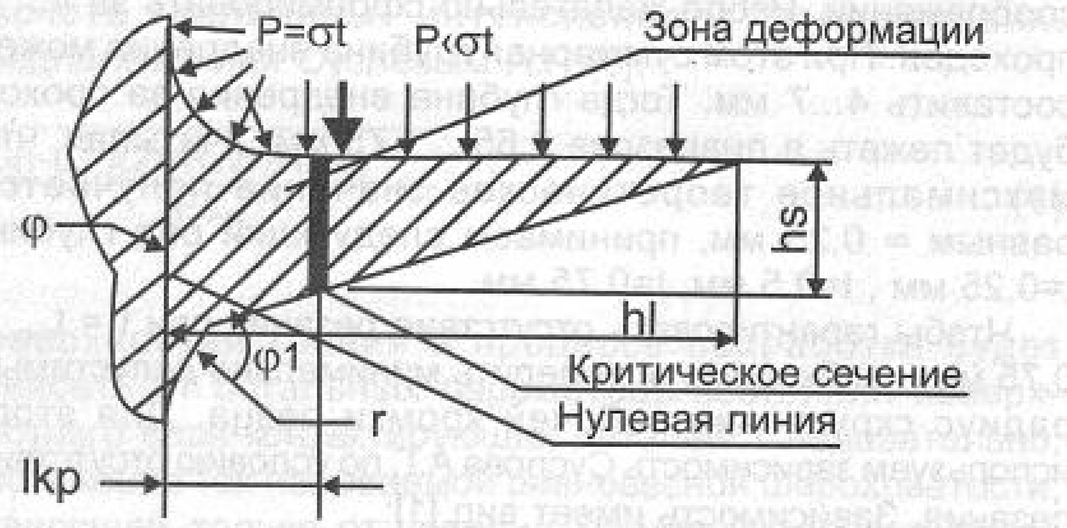


Рис. 3. Теоритическия модель формирования ребра

параметра была предложена следующая схема (рис. 3): ребро представлялось как балка с профилем, соответствующим геометрическим характеристикам инструмента длиной, равной составляющей h_i. Ширина балки принималась равной l, а нагрузка, направленная перпендикулярно поверхности балки, принималась численно равной $\sigma_т$. Далее определялось ближайшее к концу балки (вершине ребра) сечение, в котором напряжения превышали $\sigma_т$ или $\tau_т$. Далее рассчитывалась распределенная нагрузка на эту часть балки такая, что напряжения в сечении не превышали допустимых. И цикл расчета повторялся. В результате получали положение критического сечения lкр и его высоту hs, соответствующую толщине ребра (рис.3).

Для повышения производительности процесса необходимо определить оптимальные значения геометрических параметров инструмента и режимов обработки. Наибольшее влияние на процесс формирования ребра оказывают радиус при вершине инструмента r и глубина внедрения t. Для определения их оптимального сочетания

проводились экспериментальные исследования.

В качестве образцов использовался алюминиевый пруток из сплава АД1. Чтобы иметь возможность сравнить параметры получаемого оребрения с промышленными образцами, желательно чтобы они имели близкие размеры. Наиболее распространенные трубы теплообменников имеют следующие характеристики [2]: диаметр несущей трубы - 20...25 мм, толщина стенки алюминиевой трубы - 5...8 мм, диаметр по основанию ребер - 22...28 мм, шаг оребрения - 2...5 мм.

Учитывая это, принимаем следующие размеры образцов: наружный диаметр - 30 мм, диаметр отверстия - 16 мм, диаметр по основанию ребер: 22 мм.

Наиболее часто используемые шаги ребер – S=2...3 мм. Учитывая возможности оборудования, шаг оребрения (и соответственно подача) принимались равными S=2,5 мм. Инструмент – деформирующий резец. Материал инструмента - сталь Р6М5 (Р18). Диапазон варьирования радиуса при вершине инструмента был принят от r=0 до r=S/2. Максимальное значение радиуса ограничивается тем, что возможно передавливание ребра инструментом.

При определении глубины преследовалось две цели - получение максимальной производительности и максимальной высоты ребра. Для увеличения производительности необходимо увеличивать глубину внедрения t, а для увеличения высоты ребра желательно что бы $t \le l_{kp}$. Однако теоретическая модель не учитывает жесткости ребра, влияния материала, расположенного перед зоной деформации и некоторых других факторов, приводящих к увеличению фактического значения lkp. Поэтому величина t_{max} была принята из следующих соображений. Ребро желательно сформировать за 4... 6 проходов. При этом суммарная глубина внедрения может составить 4...7 мм. Тогда глубина внедрения за проход будет лежать в диапазоне 0,65... 1,75 мм. Учитывая, что максимальное теоретическое значение получается равным ≈ 0,25 мм, принимаем следующий ряд глубин: t=0,25 мм , t=0,5 мм, t=0,75 мм.

Чтобы гарантировать отсутствие резания при $t = t_{max} =$ 0,75 мм, необходимо определить минимально допустимый радиус скругления рабочей кромки резца. Для этого используем зависимость Суслова А.Г. по условию отсутствия резания. Зависимость имеет вид [1]:

$$t_{max} = 0{,}5 \cdot \rho\left(1 - \frac{\tau_{сдв}}{\sqrt{\tau_{сдв}^2 + \sigma_T^2}}\right)$$

Из нее получаем значение радиуса ρ=5 мм. Чтобы уменьшить усилия в зоне деформации, принимаем ρ=5 мм.

Основное ограничение на максимальную высоту ребра - это допустимое удлинение материала δ. Для алюминиевых сплавов АД оно составляет около 20%. При этом максимально возможный диаметр ребра ограничится удлинением внешней окружности заготовки на величину δ. Тогда допустимый диаметр ребра будет рассчитываться по зависимости:

$d_{max} = d_o \times (100+\delta)/100$, где d_o - начальный диаметр заготовки.

Так, для заготовки начальным диаметром 30 мм, которая использовалась при проведения экспериментов, максимальный диаметр оребрения составит:

$d_{max} = 30 \times (100+20)/100 = 36$ мм

Для сравнения эффективности обработки при различных глубинах внедрения использовался удельный показатель - прирост высоты ребра за 1 проход при глубине внедрения 1 мм:

$dh_{уд} = dh/t$, где dh - фактический прирост высоты ребра за проход, t -глубина внедрения.

Очевидно, чем выше этот показатель, тем более высокое ребро можно получить при одинаковой суммарной глубине внедрения, что означает экономию материала (ребро получается более тонким).

Как показали эксперименты, наибольшая эффективность прироста ребра наблюдается при наименьшей глубине внедрения за проход, однако здесь же наблюдаются разрушения у вершины ребра, обусловленные усталостью.

Малые глубины внедрения значительно повышают время обработки за счет увеличения числа проходов. В связи с этим возникает проблема подбора оптимального сочетания параметров для обеспе-чения необходимой высоты ребра и максимальной производительности.

Наименьший прирост высоты ребра реализуется резцом с r = 0 мм, к тому же у этого резца наблюдается подрезание боковой поверхности ребра, поэтому применение такого резца нецелесообразно.

Для всех инструментов при глубине внедрения t = 0,75 мм наблюдается некоторая нестабильность процесса и довольно значительное (на 10-15%) снижение удельного прироста ребра на 1 мм внедрения по сравнению с t = 0,25 мм. При глубине внедрения t = 0,5 мм процесс стабилен, ребро достаточно гладкое, не наблюдается трещин у вершины ребра при диаметре близком к максимальному. Снижение удельного прироста ребра по сравнению с t = 0,25 мм составляет 6,8-13%. Снижение удельного прироста ребра можно объяснить тем, что глубина внедрения t превысила критическую величину 1кр, на которой прекращаются пластические деформации ребра, поэтому оно не деформируется, а просто смещается в сторону с малым утонением.

Работа выполнена при финансировании в рамках гранта Министерства образования Российской Федерации «Разработка процесса и инструмента, обеспечивающего увеличение поверхности тепло-обмена» ТОО-6.3-147.

Литература

1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин.- М:Машиностроение, 2000 - 320 с.

2. Кунтыш В.Б. и др. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения. – СПб.:Недра, 1996 - 512с.

3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением - М:«Металлургия», 1980 - 456 с.

РЕАЛИЗУЕМ

станок модели 16А20Ф3С32 с УЧПУ 2Р22.

Обращаться по адресу:

630087, г. Новосибирск, 87, пр. К. Маркса, 30,

ОАО НПТиЭИ «ОРГСТАНКИНПРОМ»

Телефон (383-2) 46-39-81, 46-37-79, 46-25-09

Современная концепция моделей механизма процесса электрической эрозии

Л.А. УШОМИРСКАЯ, профессор, доктор техн. наук, СПбГТУ, г. С-Петербург,
А.Г. КАЗАНЦЕВ, профессор, канд. техн. наук, БТИ АлтГТУ, г. Бийск

Рассмотрим этапы процесса электрической эрозии в формализованном виде [1]:

а) Стадия пробоя жидкого диэлектрика.

Во время пробоя резко увеличивается концентрация свободных электронов. При пробивной напряженности электрического поля какой-либо электрон, движущийся к аноду, может набрать энергию, достаточную для ударной ионизации встречного атома. Вырванный в результате такой ионизации из этого атома электрон, ставший также свободным, ускоряется вместе с первым электроном, и оба эти электрона при очередном столкновении с новыми атомами образуют еще два свободных электрона и т.д. Таким образом, электропроводная область в диэлектрической среде создается лавинообразной ионизацией за довольно короткое время (10^{-7} с).

Локальное повышение напряженности электрического поля обуславливается, во-первых, микронеро-вностями на поверхности электродов, ведущими к уменьшению расстояния между электродами и концентрации напряженности вблизи острых выступов, а, во-вторых, наличием в рабочей среде мелких газовых, твердых и жидких токопроводящих включений. На напряжение пробоя влияет также наличие внешнего магнитного поля.

При прочих равных условиях среднее пробивное напряжение Unp.cp. примерно линейно растет с увеличением межэлектродного зазора и падает с повышением содержания частиц ξ_r, причем:

$$\xi_r = \frac{V_r}{V_{p.c.}}$$

где V_r – объем, приходящийся на частицы в объеме $V_{p.c.}$, занимаемом всей рабочей средой.

б) Первоначальное расширение токопроводящего канала.

В первые мгновения разряда наибольшая кинетическая энергия определяется температурой легких подвижных электронов. Более массивные ионы и нейтральные частицы еще не успевают прийти в движение. В дальнейшем в результате многочисленных столкновений температуры частиц стремятся выровняться.

Различают следующие последовательные термические стадии разряда:

- неизотермическую, где $T_э >> T_{ион}$; $T_э >> T_н$ ($T_э$, $T_{ион}$, $T_н$ – соответственно температуры электронов, ионов, нейтральных частиц).
- изотермическую, где все температуры одинаковые, т.е. $T_э = T_{ион} = T_н = T_к$, но общая температура канала $T_к$ как и его давление меняются во времени;
- изотермическую, с более или менее постоянными температурой и давлением (дуговой разряд).

Первая стадия разряда, которая определяется существованием неизотермической плазмы, и называется искровой. Температура электронов при этом достигает 10^5 К°. На стадии, близкой к дуговому разряду, электронная температура достигает более, чем 10^4 К°, а температура ионов и нейтральных частиц составляет около $6 \cdot 10^3$К°.

Сразу же после пробоя, жидкость, окружающая образовавшийся канал, вследствие операции остается неподвижной, и канал может расширяться только вследствие сжатия окружающей его рабочей среды. В результате в жидкости от канала радиально расходится ударная волна.

в) Процессы в столбе канала пробоя.

Канал разряда по длине делится на три части:: катодную , прилегающую к катоду , анодную , прилегающую к аноду , и находящийся между этими областями столб разряда . Соответственно, мгновенное напряжение равно сумме мгновенных падений напряжения на столбе $U_{СТ}$, анодной $U_{АН}$ и катодной $U_{КАТ}$ областями.

$$U = U_{СТ} + U_{АН} + U_{КАТ}.$$

Плазму столба обычно считают электрически нейтральной и изотермической и характеризуют местной температурой $T_К$ и текущим давлением $P_К$. Самая высокая температура – в центре канала. Через некоторое время после пробоя давление можно считать примерно одинаковым как для канала, так и для газового пузыря. Плотность среды канала растет по мере удаления от оси разряда. Столкновение электронов в столбе канала между собой и с другими частицами бывает двух видов:

Упругие, когда часть кинетической энергии электронов переходит в кинетическую (тепловую) энергию других частиц, внутреннее состояние которых при этом не нарушается;

Неупругие, при которых кинетическая энергия электронов расходуется на изменение состояния частиц. Неупругие столкновения можно в определенном смысле рассматривать как химическую реакцию и применять к ним закон действующих масс.

После окончания разряда состав канала остывает и деионизируется. Необходимость паузы между импульсами $\tau_п$, причем $\tau_п \geq \tau_{ост}$ ($\tau_{ост}$ – время остывания канала), определяет предельную частоту следования импульсов и ограничивает производительность электроэрозийной обработки.

Электрическая эрозия электродов

а) Поток энергии на катоде [2].

Ток разряда в столбе примерно равняется току электронов, выходящих с катода. Такой ток состоит из следующих составляющих.

1. Термоэлектронная эмиссия, т.е. испускание электронов нагретым катодом. Возможна лишь для угольного и вольфрамового катодов, высокая температура испарения или плавления которых обеспечивает большую плотность электрического тока.

2. Термоэлектронная эмиссия, т.е. испускание электронов нагретым катодом при наложении электрического поля $E_{КАТ}$. При температуре катода $T_{КАТ}$=3000 К° и $E_{КАТ}$=108 В/м плотность электронного тока увеличивается примерно в 300...400 раз по сравнению с термоэлектронной эмиссией.

(Продолжение на 30 стр.)

ВЫСТАВКА №1 В СИБИРИ! EXHIBITION №1 IN SIBERIA!

29.10.-01.11.2002 НОВОСИБИРСК

ВСЕСИБИРСКАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА

СИБНЕДРА. ГОРНОЕ ДЕЛО СИБИРИ.

девятая выставка в области разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, горного оборудования, техники и технологий

МЕТАЛЛЫ СИБИРИ. МЕТАЛЛУРГИЯ. СВАРКА. МЕТАЛЛООБРАБОТКА.

выставка металлоизделий, техники, оборудования и технологий для обработки металлов

Красный проспект, 220, корпус 10
630049, Новосибирск, Россия
т/ф: (3832) 106290, 255151, 259845
E-mail: welcome@sibfair.nsk.su

Представительство в Москве: РУСЬЭКСПО
125422, ул.Тимирязевская,1, офис 2607
т/ф: (095) 2112625, 2114610
E-mail: rusexpo@stk.mmtel.ru

www.tool-world.ru

3-я Международная специализированная выставка-ярмарка инструмента для всех отраслей промышленности и быта

МИР ИНСТРУМЕНТА-2003

В рамках 11-й Международной строительной недели в "Сокольниках"

2-7 марта 2003 года

Москва, КВЦ «Сокольники»

Организаторы:

Культурно-выставочный центр СОКОЛЬНИКИ

Ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент»

При поддержке:

Госстроя России

Информационный спонсор:

Тел/факс: (095) 105 3481, 268 7605
E-mail: arhipova@exposokol.ru

www.tool-world.ru

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
ДАЙДЖЕСТ ПОПУЛЯРНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ОБ ИНСТРУМЕНТЕ

ИСОТ

Capital Sign Trade

ДАЙДЖЕСТ

“ИСОТ Инструменты Станки Оборудование Технологии”

Зарегистрирован в 1999 году.
Выходит с 1999 года.
Издатель ООО “Кэпитал Сайн Трэйд”

Тираж - 5.000 экз., формат А4,
периодичность - 6 номеров в год.

Россия, Москва, 107014,
ул. Бабаевская, д.1/8, стр.1.
"Кэпитал Сайн Трэйд"
Редакция журнала

Тел.: 007-095-268-0736
Факс: 007-095-268-6419
E-mail:
magazine@toolsinfo.ru
isot@capitalsign.ru
www.toolsinfo.ru
Пейджер:
913-3355
#"ИСОТ"

Журнал **"ИСОТ"** - единственный в России и СНГ специализированный дайджест популярной информации о профессиональном, любительском, электрическом и ручном инструменте и людях с инструментом в руках. Освещаются вопросы производства, поставки, сертификации, продажи, сервиса, рационализации и истории инструмента, станков и оборудования.

"ИСОТ" выступает информационным спонсором и экспонентом на десятках специализированных выставок ЭКСПОЦЕНТРА, ВВЦ, КВЦ "СОКОЛЬНИКИ", ВЦ "МИР", РОССТРОЙЭКСПО, в "ОЛИМПИЙСКОМ", на многих региональных выставках, на крупных выставочных форумах в Чикаго, Брно, Кельне, Милане, Франкфурте-на-Майне...

"ИСОТ" - основной печатный орган Комитета по инструменту и оборудованию Московской ассоциации предпринимателей (МАП). В каждом номере есть материалы, направленные на поддержку, развитие, пропаганду малого и среднего бизнеса.

Распространяется в Москве и регионах России, за рубежом, на технических международных выставках по адресной почтовой рассылке и по подписке на год, оформляемой в редакции, по факсу или электронной почте. Подписку на I полугодие 2003 г. можно оформить по каталогу ОАО “Агенство “Роспечать”: индекс 81758 (для РФ), индекс 81759 (для остальных стран).

МИР ИНСТРУМЕНТА
ЖУРНАЛ

МОСКОВСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ
КОМИТЕТ ПО ИНСТРУМЕНТУ И ОБОРУДОВАНИЮ

ЖУРНАЛ ИСОТ MAGAZINE — ИНСТРУМЕНТЫ СТАНКИ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ ИТО

Журнал ИТО — ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал РЫНОК : ИТО — ЖУРНАЛ ДЛЯ СЛУЖБ СНАБЖЕНИЯ И СБЫТА

Газета ИТО НОВОСТИ

(Окончание. Начало на 27 стр.)

3. Автоэлектронная эмиссия, когда при очень большой напряженности внешнего поля у катода ($E_{КАТ}=10^9$ В/м) возможен туннельный переход электронов из катода в окружающую среду. При этом электрону не сообщается работа выхода, охлаждение катода не происходит, плотность электронного тока высокая. Часто зоны термоэлектронной или автоэлектронной эмиссии быстро перемещаются по катоду (катод с бегающим пятном).

4. Перезарядка положительных ионов у поверхности испаряющегося катода.

Таким образом, поток энергии на ту часть катода, которая сопрягается с каналом, слагается из следующих составляющих:

- Кинетическая энергия ионов;
- Потенциальная энергия ионов;
- Тепловая энергия нейтральных частиц.

Для увеличения скорости съема на катоде-заготовке (при обратной полярности) требуется создать большое внешнее поле для автоэлектронной или термоэлектронной эмиссии. Наоборот, для охлаждения катода-инструмента (при прямой полярности) необходим режим термоэлектронной эмиссии без заметного внешнего поля, и изготавливать инструмент следует из тугоплавкого материала с большой работой выхода электрона.

б) Поступление энергии на анод.

На анодное пятно, граничащее с каналом, поступает поток энергии, состоящий из следующих составляющих:

- Кинетическая энергия электрона, накопившего ее при ускорении в анодной области;
- Энергия, равная работе выхода электрона из анода;
- Тепловая энергия нейтральных частиц, бомбардирующих поверхность анодного пятна;
- Тепловая и кинетическая энергия паров, вылетевших с катода.

С увеличением длительности импульса падает тепловая мощность, отдаваемая горячими частицами (уменьшается давление в канале), и снижается плотность тока вследствие расширения канала. При электроэрозионной обработке с возрастанием длительности импульсов в углеро-дсодержащих жидкостях вокруг анодного пятна из газового пузыря осаждается углеродная пленка, поскольку частицы, содержащие углерод, отрицательно заряжены вследствие их высокого сродства к электрону. Такое явление возникает в наибольшей степени при так называемых гребенчатых импульсах, Возникновение такой пленки, ограничивающей эрозию анода, приводит к тому, что она становится меньше, чем у катода. Поэтому для обработки сталей в маслах на длинных импульсах следует применять обратную полярность.

Следует учитывать также возможность шлакования, т.е. заполнения межэлектродного промежутка твердыми продуктами пиролиза углеродсодержащей жидкости.

в) Тепловые явления в электродах.

Для тепловых процессов на электродах не имеет значение происхождение тепловых потоков. Эти процессы описываются так называемой тепловой задачей, которая сводится к отысканию распределения температур в окрестностях пятна, где различные источники вводят теплоту в материал электрода. Основная доля теплоты доставляется поверхностным источником непосредственно из канала разряда. При быстросменяющихся токах резко проявляется поверхностный эффект, когда ток в электроде сосредоточен в тонком слое близ его поверхности.

При установившемся токе разряда могут возникать также объемные источники джоулевой теплоты, которая выделяется в электроде при большой плотности тока, растекающегося вглубь пятна. Для материалов с высоким электрическим сопротивлением (типа графита) следует учитывать объемный нагрев, но для электропроводных веществ (например, меди) им можно пренебречь.

Обычно тепловую задачу упрощают, считая свойства вещества независящими от температуры, а тепловой источник стационарным и действующим в течении импульса.

Процесс плавления приповерхностного слоя, происходящий тогда, когда при менее интенсивном тепловом потоке испарение отсутствует, имеет два предельных режима:

1. Во время разряда плавится весь приповерхностный слой на всю глубину лунки h_1, и весь жидкий металл из лунки выбрасывается сразу после прекращения импульса;
2. Расплав удаляется непрерывно, и тепловой поток поступает на постоянно обнажающийся твердый материал электрода.

Оба эти случая идеализированы. Реальный процесс эрозии заготовки представляет собой сочетание однократного и непрерывного удаления материала из лунки, а также парообразного и жидкого состояния выбрасываемого вещества.

При значительной плотности теплового потока наряду с испарением (сублимацией) возможны хрупкие сколы вещества заготовки и другие виды его разрушения, обусловленные термоупругостью.

При некоторых режимах в принципе возможен электродинамический выброс расплава. Причина этого явления – взаимодействие магнитного поля тока в приповерхностном слое электрода с вихревыми токами, возникающими здесь же при изменении тока разряда.

Для электродинамического выброса расплавленных частиц характерны:

- Разлет частиц расплава во время заднего фронта импульса;
- Зависимость глубины лунки от длительности заднего фронта;
- Минимум выброса в области оси канала.

Среди выброшенных застывших частиц оказывается много полых. Средний радиус r_r частиц зависит от поверхностного натяжения и вязкости расплава. Распределение частиц по радиусам является асимметричным, и максимум смещен в сторону меньших размеров. С ростом энергии разряда средний радиус частиц увеличивается.

Механические процессы

а) Захват продуктов эрозии [3].

Рабочая среда на механической стадии разряда выталкивается газопаровым пузырем. При этом с ростом температуры динамическая вязкость рабочей жидкости снижается, и загрязнения продуктами обработки изменяют ее свойства.

Движение жидкости является строго радиальным, когда место пробоя совпадает с центром контура выходной области промежутка. В противном случае граница контура в плане не является окружностью, вязкая жидкость

выталкивается быстрее к ближайшим выходным областям промежутка, и газовый пузырь вытягивается в направлении к ним. Течение в промежутке преимущественно ламинарное. Мощность потерь на трение растет с увеличением динамической вязкости μ, скорости пузыря $V_п$, расстоянию $r_з$ до выходной области промежутка и уменьшением зазора **a**.

Радиус газового пузыря по мере поступления энергии от импульса растет по сравнению с начальным и при $t >> t_{нач.}$ $r_п \sim k_P \cdot t^{1/2}$, а $V_п \sim 0{,}5k_p \cdot t^{-1/2}$, где k_p – постоянная.

Если при несимметричном разряде в какой-либо точке граница пузыря достигает выхода из промежутка, то газ из пузыря, не встречая сопротивления, устремляется во внешнюю среду. Разряды вблизи границы промежутка вызывают довольно непродолжительные течения.

Поток жидкости захватывает инородные течения.

Увеличение частицы потоком является тем большим, чем выше вязкость рабочей среды, меньше плотность вещества и радиус частицы. Процесс выведения частиц носит статический характер и представляет итог действия большого числа разрядов.

Крупные частицы заготовки выводятся медленнее. Скорость их удаления может не успевать за скоростью их возникновения из лунок, происходящее в результате накопления частиц в промежутке ведет к серии пробоев через них. В результате крупные частицы дробятся до более мелких, что ведет к повышению скорости их выведения, но при пониженной производительности. Возможен также захват мелких частиц стенкой набегающего на них газового пузыря. Тем самым осуществляется флотационный способ выведения этих частиц.

Когда применяют прокачку рабочей среды, то в вертикальной части межэлектродного промежутка возникает стационарный поток жидкости. Для подъема частицы в боковой части промежутка необходимо, чтобы сила воздействия на нее со стороны потока превышала силу тяжести. Минимальная необходимая для этого скорость определяется по известной формуле Стокса:

$$V_{min} \sim k_v \cdot r_v,$$

где k_v – постоянная, r_v – радиус частицы.

б) Отжимающие силы.

При электроэрозионной обработке возникают отжимающие силы вследствие двух причин:

- прокачка через промежуток рабочей жидкости;
- протекание процесса разряда.

Отжимающая сила возникает также вследствие наличия в промежутке газопаровых пузырей с высоким давлением и большого статического давления в потоке жидкости.

Для силы, возникающей вследствие разрядов за время импульса τ_u, имеются различные оценки, в том числе такая:

$$F_{p.cp.} = \sqrt{3G \cdot U_{cp} \cdot I_{cp} \cdot \tau_u}$$

где G – жесткость механической части установки.

Заключение

Принимаемые в настоящее время модели электроэрозионной обработки устанавливают взаимосвязи между величинами, задающими электрический, кинематический и гидродинамический режимы процесса и его технологическими показателями. При этом определяется роль материалов электродов и свойств рабочей среды. Существенное влияние на показатели обработки оказывают пробивная напряженность электрического поля, потенциал разложения молекул рабочей среды, удельная масса продуктов разложения на один рабочий разряд, вязкость рабочей среды, а в некоторых случаях – химические процессы в самом веществе жидкости и продуктов ее разложения.

Литература

1. Золотых Б.Н./Физические основы электроискровой обработки металлов. М. ГИТИ. – 1953. – 108 с.

2. Золотых Б.Н. Физические основы электрофизических и электрохимических методов обработки. – М.: МИЭМ.- 1975.- 106с.

3. Артамонов В.А., Вишницкий А.Л. и др./Размерная электрическая обработка металлов. М.: Высшая школа, - 1978.-336с.

Исследование износа абразивного инструмента без связки при хонинговании гильз двигателей

Ю.Н. ПОЛЯНЧИКОВ, доцент, канд. техн. наук, ВолгГТУ, г. Волгоград

При проектировании и изготовлении абразивного инструмента, обладающего высокой режущей способностью и высокой износостойкостью, значительное внимание необходимо уделять вопросам, связанным с износом отдельного режущего зерна и механизмам взаимодействия его со связкой в процессе резания.

Износ режущих зерен при хонинговании, в отличие от шлифования, протекает при спокойной работе, без значительных динамических и тепловых воздействий, а поэтому должен определяться всеми явлениями, характерными для износа при трении-скольжении с малыми скоростями.

Одна из актуальных проблем интенсификации процессов резания - обеспечение рациональных условий трибоконтакта инструмента с обрабатываемым материалом и проектирование на основе этих условий оптимальной структуры абразивного инструмента.

В начальный момент хонингования из-за контакта ювенильных поверхностей абразивных зерен и обрабатываемого металла износ брусков протекает интенсивно. Его увеличивает еще и непосредственное механическое зацепление выступающей части зерен с вершинами микронеровностей детали.

На втором этапе цикла хонингования – установившемся процессе – через 15-30 секунд от начала обработки, снижается шероховатость, давление на абразивных зернах и уменьшается количество зерен, контактирующих по ювенильным поверхностям, и, соответственно, износ брусков.

Последний этап цикла хонингования по характеру близок к полированию и суперфинишированию, при которых обеспечивается уменьшение шероховатости поверхности. При этом граничный смазочный слой препятствует непосредственному контакту режущих зерен и металла, что заметно снижает интенсивность износа абразивных брусков.

Контакт связки и обрабатываемого металла, по мнению И.Е.Фрагина [1], происходит только в начальный момент хонингования в отдельных точках, т.е. там, где встречаются высокие гребешки шероховатости обрабатываемой поверхности и связки хонинговального бруска. По мере уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности непосредственный контакт связки и металла делается невозможным. В этот период износ связки происходит из-за ее контакта со шламом, содержащим металлическую стружку и осколки режущих зерен. Металлическая стружка и осколки абразива многократно тверже связки, поэтому и происходит ее интенсивное среза ние.

В исследованиях И.Х.Чеповецкого и ряда других ученых [1,2,3] отмечалось, что при хонинговании алмазными брусками около 50% зерен ломается ниже уровня связки и не участвует в процессе резания. Кроме того, не принимают активного участия в резании металла еще 36,5% зерен, сломанных на уровне связки. Очевидно, что при хонинговании закаленной стали такими брусками, в первоначальный период доминирующим механизмом износа является разрушение зерен.

Интенсивное разрушение зерен обуславливает низкую производительность и высокий расход алмазов в начальный период хонингования. В дальнейшем износ брусков происходит в результате истирания связки и алмазов, съем металла практически прекращается.

Применение в инструменте алмазов более высокой прочности позволяет уменьшить количество сломанных при хонинговании зерен. Алмазы АСК и АСС по сравнению с АСВ имеют в 2-3,5 раза меньшее количество сломанных на уровне связки зерен.

Интенсивность разрушения алмазных зерен в значительной мере зависит от удержания их связкой. Процессы разрушения и выпадения их из связки взаимосвязаны: как правило, большему количеству выпавших из связки зерен соответствует большее количество сломанных. Удержание зерен связкой обусловлено ее адгезионными и механическими свойствами, а также шероховатостью поверхности зерен.

Механизмы износа абразивного инструмента без связки [4] несколько отличаются от ранее рассмотренных для стандартного инструмента. Отличия эти обусловлены физическим состоянием самого абразивного зерна (после прессования ударной волной и высокотемпературного спекания), структурой и механическими свойствами мостиков связи между зернами, а также формой, размерами и количеством пор в инструменте.

Для определения сил удержания режущих зерен в теле стандартного абразивного инструмента в работе [3] предлагается следующая зависимость:

$$P_H = \sqrt[3]{\frac{V_c^2}{(V_c+V_п)^2}} \times \frac{E_c \cdot y_н \cdot d_з^2 \pi (1-\cos^3\gamma)}{6 \cdot l_м} \quad (1)$$

где V_C $V_П$ - объемные части связки и пор;

E_C - модуль упругости связки;

$y_Н$ - величина перемещения зерна в связке;

$d_З$ - диаметр зерна (для упрощения принимаем зерно в виде шара);

γ - пространственный угол между направлением действия силы $P_Н$ и радиусом зерна, проведенным в ближайшую точку мостика связки;

$l_М$ - длина мостика связки, $l_М$=0,79$d_З$ [3].

Для того, чтобы использовать данную зависимость и для инструмента без связки, необходимо сделать некоторые уточнения.

Выражение $\sqrt[3]{\frac{V_c^2}{(V_c+V_п)^2}}$, характеризующее структуру стандартного абразивного инструмента для инструмента без связки, будет несколько иным [5]: $\sqrt[3]{\frac{V_з^2}{(V_з+V_п)^2}}$

По проведенным авторами исследованиям было установлено, что мостики связи между зернами имеют такую же микротвердость, что и зерна электрокорунда белого, из которых был получен инструмент без связки. По результатам статистического анализа значительного количества шлифов нового инструмента было установлено, что расстояние между порами по мостику связи, то есть длина мостика связи ($l_М$) лежит в пределах:

$$l_М = (0,07 \div 0,35) d_З \quad (2)$$

и для дальнейших рассуждений можно принять средневеро ятное значение $l_М = 0,2 d_З$.

Угол γ может принимать различные значения в зависимости от зернистости, структуры инструмента и размеров пор. Для нового инструмента значение выражения $(1-\cos^3\gamma)$ лежит в пределах 0,01÷0,12, причем с уменьшением зернистости и размеров пор эти значения также уменьшаются.

По предложенной профессором В.М. Оробинским зависимости можно определить количество зерен, находящихся на единице поверхности инструмента [5]:

$$N_Р = n\frac{1}{2}\left[1-Ф\frac{(h_{СР}-\bar{a}_Ц)}{2\sigma}\right], \quad (3)$$

где: $h_{ср}$ - среднее значение высоты зерен над телом инструмента;

σ - среднеквадратическое отклонение;

$\bar{a}_Ц$ - глубина риски царапины;

Ф - интеграл Лапласа;

n - количество зерен, находящихся на единице поверхности инструмента, с учетом различных вариантов упаковок зерен, вероятности выступания их из тела инструмента, формы зерен и т.д. [5]

Тогда усилие, при котором зерно может быть вырвано из тела инструмента под действием тангенциальной и радиальной составляющей силы резания, определится, как:

$$P_{Z1} = \frac{k_1[\sigma_И]}{N_Р}, \quad (4)$$

$$P_{Y1} = \frac{[\sigma_{СЖ}]k_2}{N_Р} \quad (5)$$

где: $[\sigma_И]$,$[\sigma_{СЖ}]$ - допускаемое напряжение на изгиб и сжатие;

k_1, k_2- коэффициенты пропорциональности.

Критическое усилие вырыва зерна определится:

$$P_{КР} = \frac{\sqrt{k_1^2[\sigma_и^2]^2 + k_2^2[\sigma_{сж}]^2}}{N_P} \quad (6)$$

Величину допускаемого упругого перемещения зерна в теле инструмента можно определить из выражения:

$$y_H = \frac{P_{КР} \cdot h^3}{3E \cdot 0{,}05 d_3^4}, \quad (7)$$

где h – величина выступающей части зерна над уровнем мостика связи.

Оптимальным для достижения высокой производительности и износостойкости будет такое положение зерен, когда они наполовину своего размера будут удерживаться в теле инструмента, т.е. $h = 0{,}5d_3$. Подставляя выражения (2),(3),(6) и (7) в (1) получим окончательно:

$$P_H = \sqrt[3]{\frac{V_3^2}{(V_3 + V_п)^2}} \times \frac{2{,}2(1-\cos^3\gamma)\sqrt{k_1^2[\sigma_и]^2 + k_2^2[\sigma_{сж}]^2}}{N_P} \quad (8)$$

Анализируя выражение (8), можно сделать следующий вывод. На прочность удержания режущих зерен в теле инструмента влияет структура инструмента, размеры зерен, режимы прессования и спекания (через величины $[\sigma_и]$ и $[\sigma_{сж}]$). Для закрытой структуры инструмента и при высокой прочности его на изгиб и сжатие необходимо приложить значительные усилия, чтобы вырвать зерно из инструмента. Этот вывод хорошо подтверждают графики зависимости износа хонинговальных брусков (стандартных абразивных, алмазных и без связки) от давления разжима, скорости вращательного и осевого движения хонговки, приведенные на рис.1, 2 и 3.

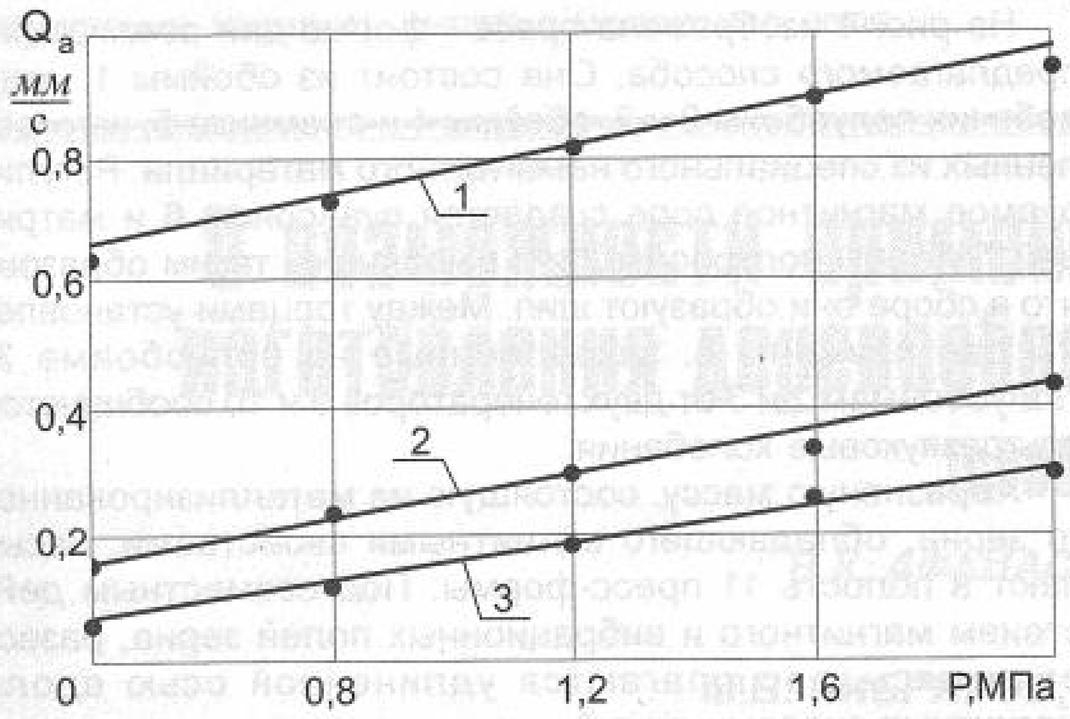


Рис.1. Влияние давления разжима (P) на износ брусков (Q_a) при хонинговании чугуна СЧ21: 1 – 24А6-ПСТ2К5; 2 – инструмент без связки; 3 – АСВ 63/50 МВ1-100%

Общим для графиков на рис.1,2 и 3 является то, что износостойкость алмазного инструмента и брусков без связки соизмерима и значительно выше, чем у стандартного абразивного инструмента. Это можно объяснить и большей прочностью зерна электрокорунда белого, испытавшего ударное нагружение и высокотемпературное спекание, и значительно большей прочностью мостиков связи у брусков без связки по сравнению со стандартными абразивными брусками.

Хонингование серого чугуна происходит в довольно "комфортных" для инструмента условиях, так как. при обработке образуется мелкодисперсная стружка скола, которая легко размещается в зазоре между бруском и обрабатываемой поверхностью.

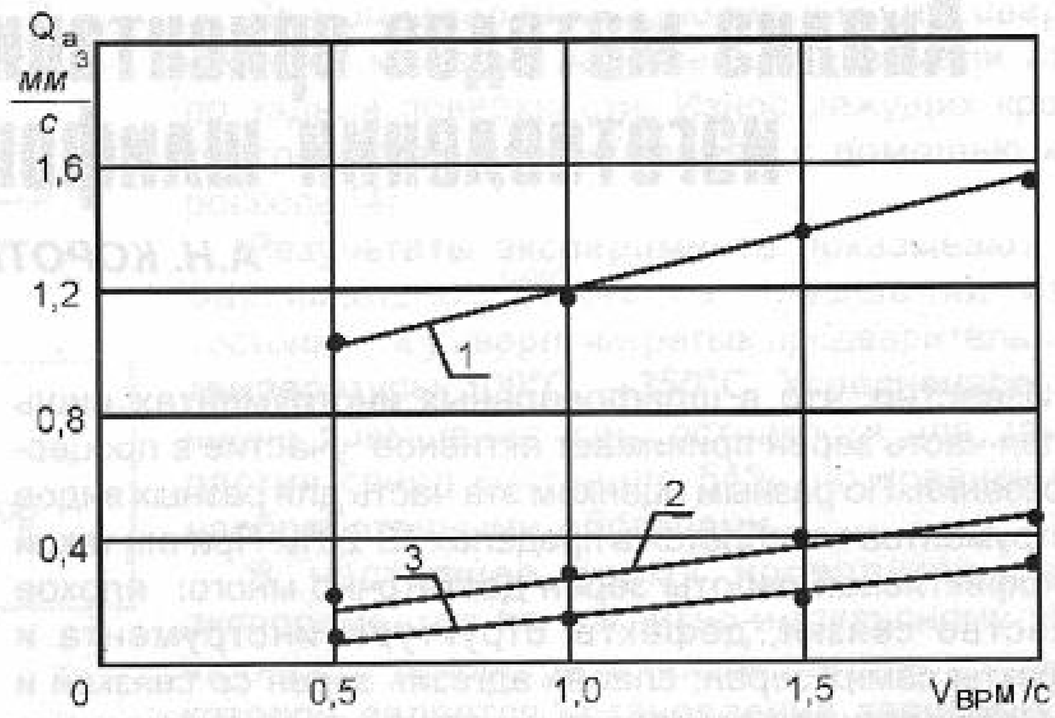


Рис.2. Влияние скорости вращения ($V_{вр}$) хонголовки на износ брусков (Q_a) при хонинговании чугуна СЧ21: 1 – 24А6-ПСТ2К5; 2 – инструмент без связки; 3 – АСВ 63/50 МВ1- 100%.

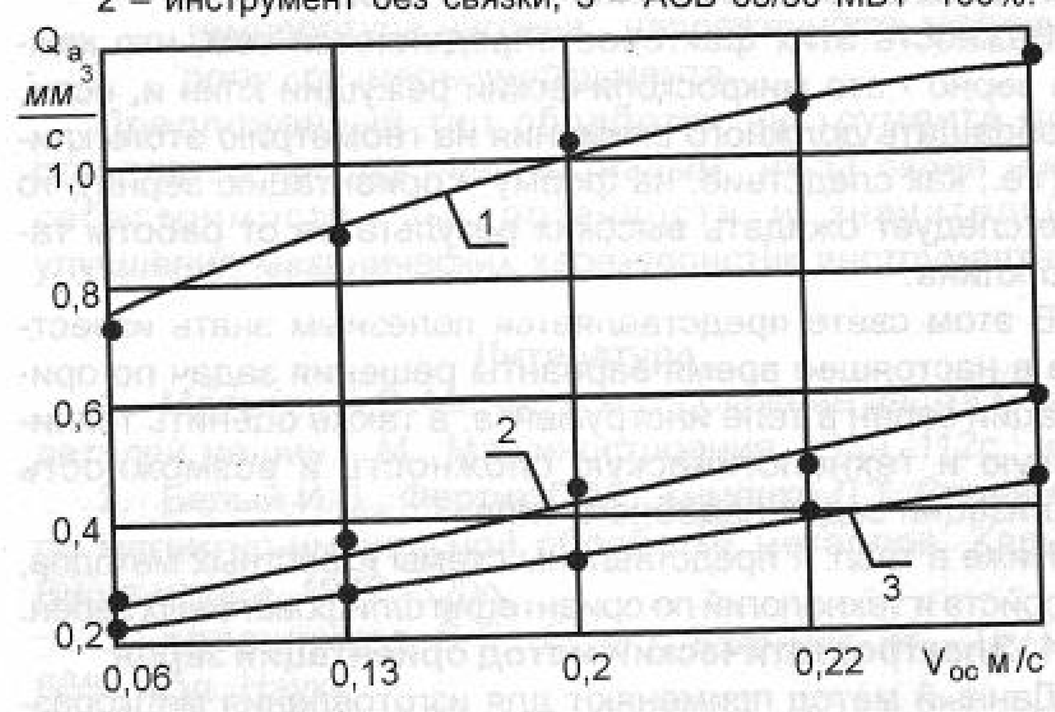


Рис.3. Влияние скорости осевого движения ($V_{ос}$) хонголовки на износ брусков (Q_a) при хонинговании чугуна СЧ21: 1 – 24А6-ПСТ2К5; 2 – инструмент без связки; 3 – АСВ 63/50 МВ1- 100%.

Таким образом, теоретически выявлена и экспериментально доказана высокая износостойкость абразивного инструмента без связки, обладающего высокой прочностью на изгиб и на сжатие и, как следствие, высокой прочностью удержания зерен в инструменте, в результате чего их износ происходит в результате истирания и микроскалов, а не вырывания целых зерен из тела инструмента.

Литература

1. Фрагин И.Е. О сущности явлений в контакте хонинговального бруска и обрабатываемой детали. // Физика и химия обработки материалов. – 1975. - N6. – С.96 – 100.

2. Чеповецкий И.Х., Безолюк Ю.В., Стрижаков В.Л., Кизиков Э.Д. Износ алмазов при хонинговании стали // Синтетические алмазы. – 1976. - N3. – С.14 – 20.

3. А.В.Королев, Ю.К.Новоселов. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Часть 1. Саратов: Изд. Саратовского университета. – 1987. – 160с.

4. А.С. СССР N673446. Способ изготовления абразивных изделий. Ю.Н.Полянчиков, В.М.Оробинский, Н.В.Талантов.

5. Оробинский В.М. Повышение эффективности процессов электрохимической абразивной обработки на основе применения нового абразивного инструмента, получаемого прессованием ударной волной./ Дисс. … докт. техн. наук. Волгоград, 1989. – 590 с.

Анализ методов ориентации зерен,используемых при изготовлении шлифовальных инструментов

А.Н. КОРОТКОВ, профессор, доктор техн. наук, академик РАЕ,
Д.Б. ШАТЬКО, аспирант, КузГТУ, г. Кемерово

Известно, что в шлифовальных инструментах лишь малая часть зерен принимает активное участие в процессе резания. По разным оценкам эта часть для разных видов инструментов колеблется в пределах 10-20%. Причин такой неэффективной работы зерен достаточно много: плохое качество связки, дефекты структуры инструмента и дефекты самих зерен, слабая адгезия зерен со связкой и т.д. Среди этих причин одно из центральных мест занимают также такие факторы, как хаотичность формы зерен и их произвольное расположение в теле инструмента.

Важность этих факторов определяется тем, что каждое зерно - это микроскопический режущий клин и, если, не обращать должного внимания на геометрию этого клина (т.е., как следствие, на форму и ориентацию зерна), то и не следует ожидать высоких результатов от работы такого клина.

В этом свете представляется полезным знать известные в настоящее время варианты решения задач по ориентации зерен в теле инструмента, а также оценить техническую и технологическую сложность и возможность реализации задач подобного типа.

Ниже в табл. 1 представлены схемы известных методов, устройств и технологий по ориентации шлифовальных зерен.

1. Электростатический метод ориентации зерен

Данный метод применяют для изготовления мелкоразмерного инструмента, в частности, шлифовальных головок. В качестве связки здесь используется стеклоэмаль.

Схема установки для нанесения ориентированных зерен приведена на рис. 1 табл. 1.

Здесь восходящий поток воздуха, проходя через пористую перегородку 1, создаёт в цилиндрической трубе 3 из диэлектрика (кварца) взвешенный слой абразивных зёрен. Под действием электростатического поля, создаваемого между электродами 2 и 4, засчёт источника постоянного напряжения 5, зёрна осаждаются на электроде 4, который одновременно является корпусом будущего инструмента.

Шлифовальные головки, изготовленные данным способом, обладают режущей способностью в 1,2-1,4 раза выше, чем у головок с неориентированными зернами.

Другим вариантом использования электростатического поля для ориентации зерен является установка для изготовления шлифовальной шкурки. Её схема показана на рис. 2 табл. 1.

В установке абразивный материал наносят на основу 1 из бункера-дозатора 2 с помощью подающего лотка 3. Абразив поступает на осадительный электрод 4, состоящий из медной фольги 5 и диэлектрической прокладки 6.

Параллельно осадительному электроду у заземленного электрода 7 перемещается основа 1 с предварительно нанесенным на нее клеящим составом. Частицы абразивного материала за счет электростатических сил поднимаются к поверхности основы и приклеиваются к ней.

2. Ориентация зерен посредством действия электромагнитного поля и ферромагнитной жидкости.

Устройство для реализации данного способа, изображенное на рис. 3, выполнено в виде корпуса 1, в полость которого помещены кольцевой электромагнит (состоящий из сердечника 2 и нескольких сегментов 3) и ферромагнитная жидкость 5 с наличием абразивных зерен, предварительно покрытых пленкой клея. Магнитное поле возбуждается постоянным током, пропускаемым через катушку 4. Засчет разной напряженности магнитного поля у центрально расположенного магнита и на периферии корпуса зерна перемещаются к периферии, где и склеиваются между собой. При этом засчет воздействия на зерна цепочек из ферромагнитных частиц, построившихся вдоль магнитных силовых линий, они ориентируются вдоль поля и, склеиваясь, образуют рабочий слой абразивного инструмента из ориентированных зерен без необходимости их предварительной металлизаци. После полимеризации клея магнитную систему из инструмента удаляют, а жидкость сливают.

Важным достоинством данного метода является то, что зерна предварительно не металлизируют, так как наличие металлических примесей в теле инструмента негативно влияет на процесс обработки металлов.

3. Метод ориентации металлизированных зерен в магнитном поле с дополнительным наложением ультразвуковых колебаний

Ультразвук, действуя как ускоритель, облегчает разворот зерна своей наибольшей осью вдоль магнитных силовых линий.

На рис. 4 изображена пресс - форма для реализации предлагаемого способа. Она состоит из обоймы 1, двух рабочих полуобойм 2 и 3, обоймы 4 и съемника 5, изготовленных из специального немагнитного материала. Регулируемое магнитное поле создается пуансоном 6 и матрицей 7. Торцы полуобойм 2 и 3 выполнены таким образом, что в сборе они образуют шип. Между торцами установлены две пружины 8, закрепленные на полуобойме 3. Полуобоймам 2 и 3 от двух генераторов 9 и 10 сообщаются ультразвуковые колебания.

Абразивную массу, состоящую из металлизированного зерна, обладающего магнитными свойствами, насыпают в полость 11 пресс-формы. Под совместным действием магнитного и вибрационных полей зерна, разворачиваясь, располагаются удлиненной осью вдоль магнитных силовых линий.

Достоинством данного метода является высокая эффективность ориентации зерен.

4. Метод изготовления абразивного инструмента с ориентированными зернами методом экструзии

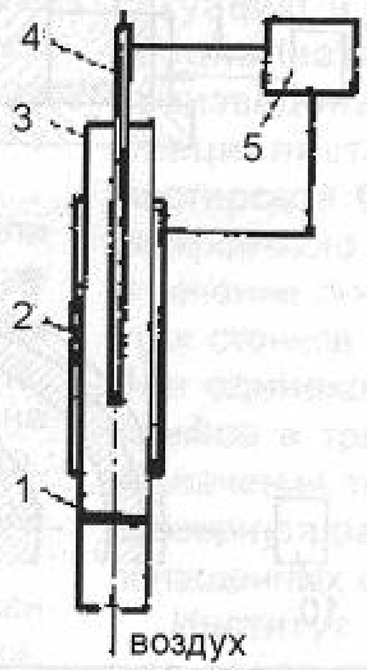
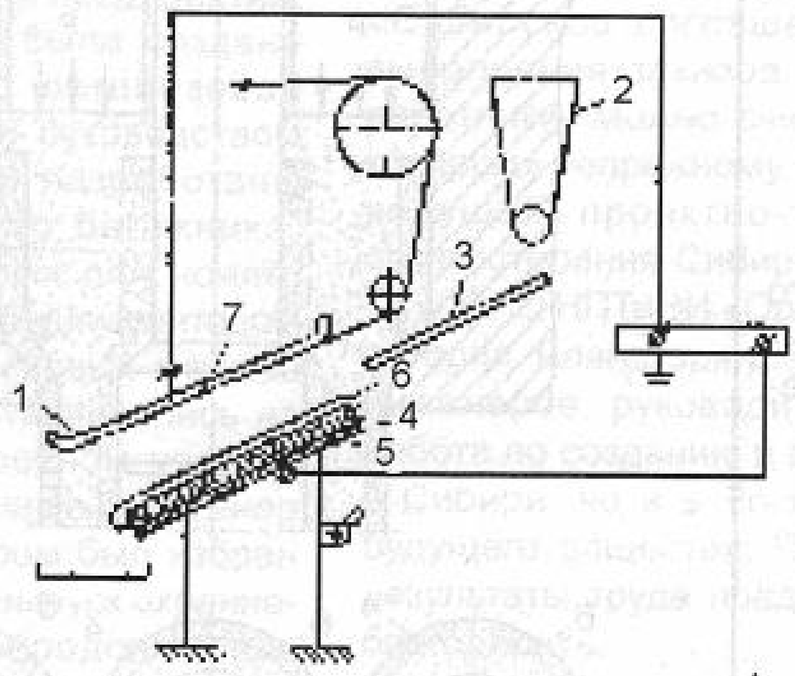
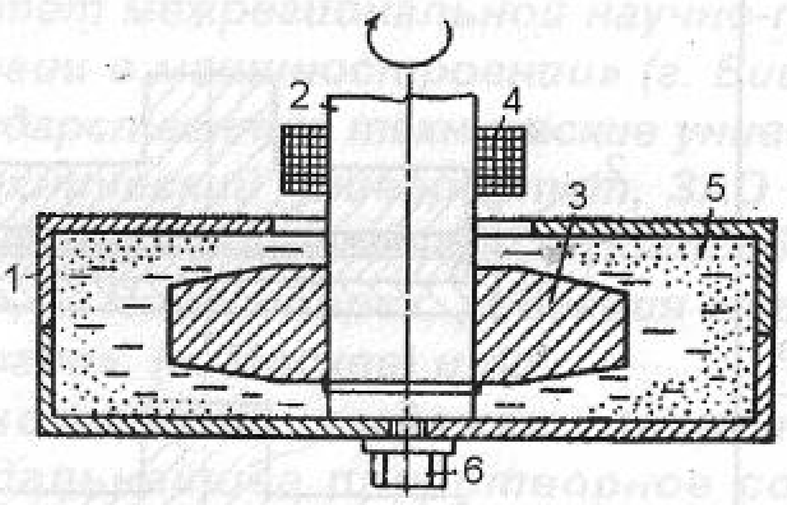
На рис. 5 приведена схема получения торцевого абразивного инструмента с ориентированными зернами на металлической связке методом экструзии. Ориентация зерна, в данном случае, осуществляется засчёт градиента скоростей пластического течения при прохождении абразивной массы через периферийные участки матричной щели.

5. Механический способ упорядочения расположения абразивных зерен в объеме инструмента с помощью матриц и пуансонов

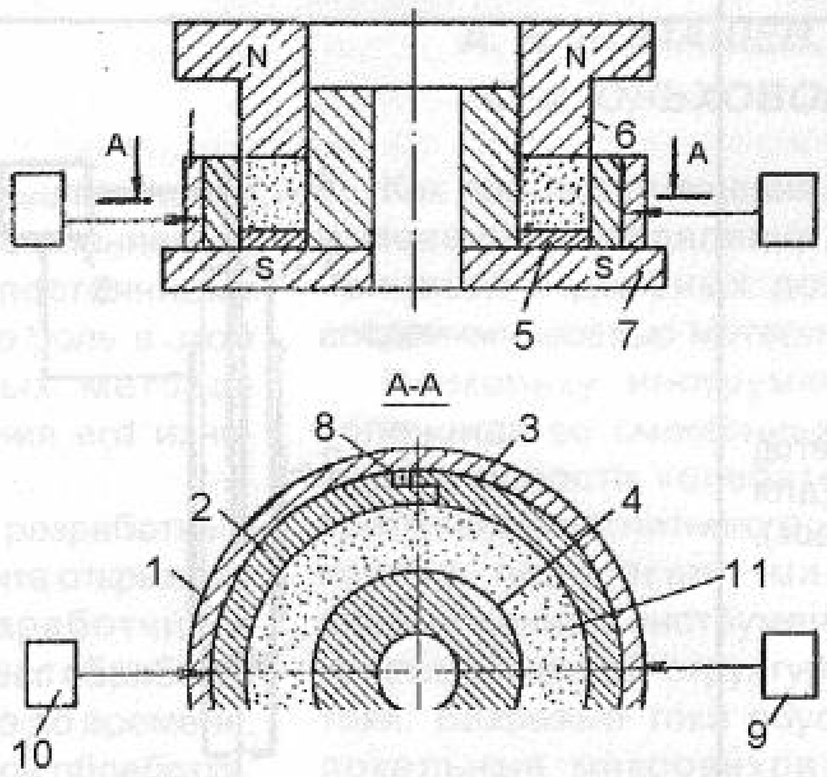
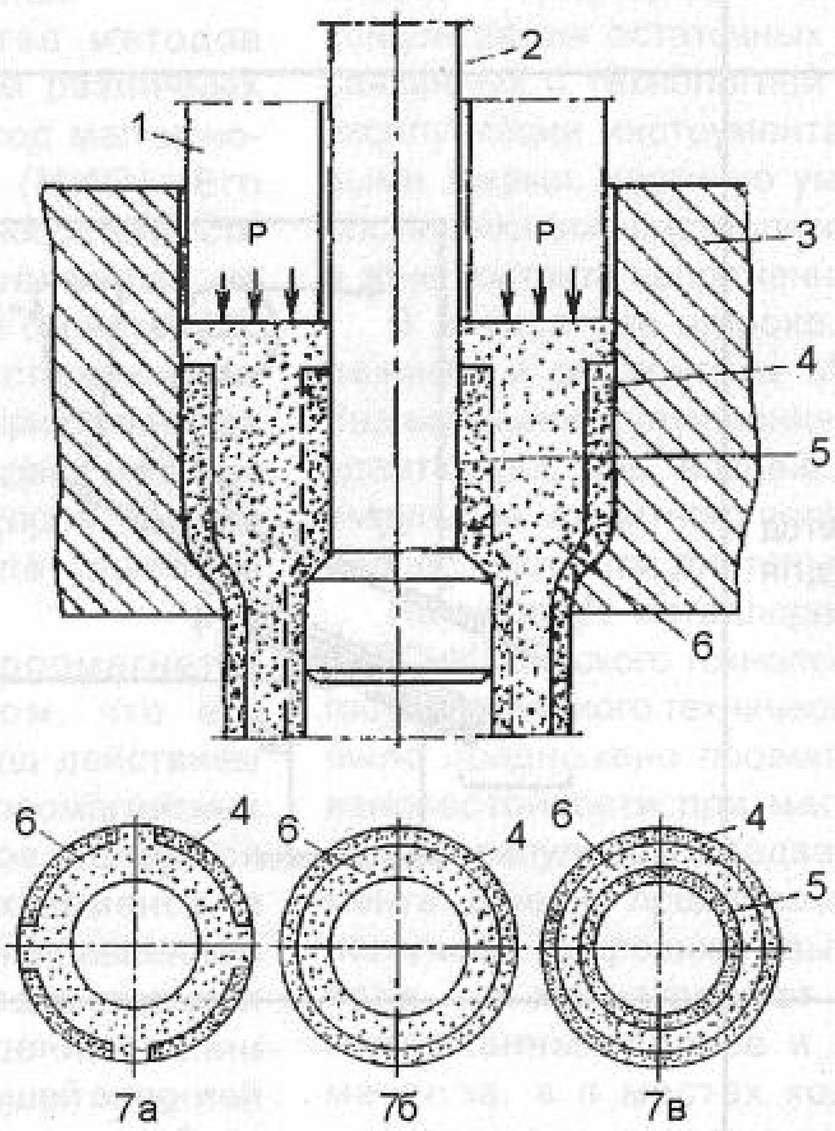
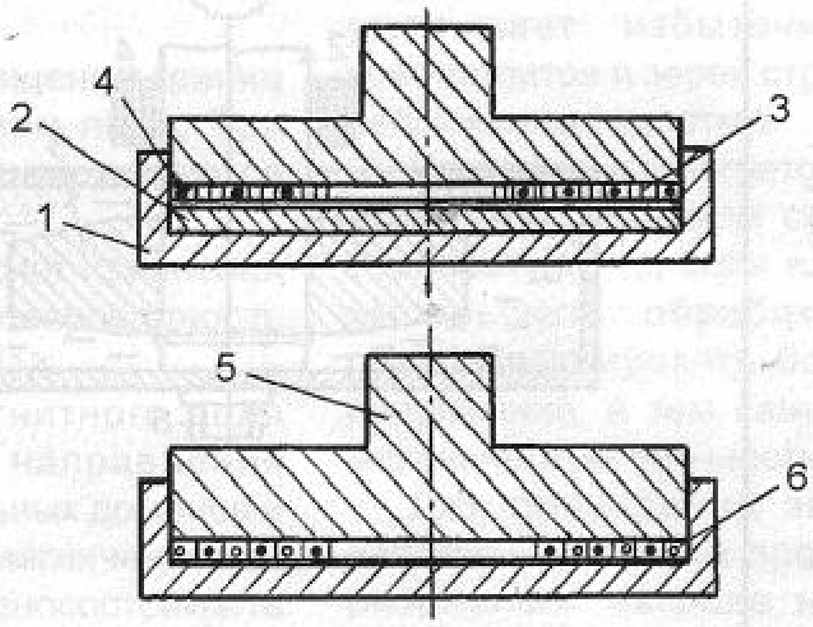
Известно, что при расположении зерен в теле инст-

Таблица 1

Методы ориентирования зёрен в шлифовальных инструментах

№ п/п	Наименование метода	Схема метода	Обозначения
1	Электростатический метод ориентации зёрен (для шлифовальных головок).		1. Пористая перегородка. 2. Наружный электрод. 3. Цилиндрическая труба. 4. Внутренний электрод. 5. Источник постоянного напряжения.
2	Электростатический метод ориентации зёрен (для шлифовальных шкурок).		1. Основа. 2. Бункер-дозатор. 3. Подающий лоток. 4. Осадительный электрод. 5. Фольга. 6. Резина. 7. Заземлённый электрод.
3	Ориентация зёрен посредством действия электромагнитного поля и ферромагнитной жидкости.		1. Корпус. 2. Сердечник. 3. Сегменты. 4. Катушка. 5. Ферромагнитная жидкость. 6. Болт.

Продолжение табл. 1.

№ п/п	Наименование метода	Схема метода	Обозначения
4	Ориентирование металлизированных зёрен магнитным полем с дополнительным наложением ультразвуковых колебаний.		1. и 4. Обоймы 2. и 3. Рабочие полуобоймы 5. Съёмник. 6. Пуансон. 7. Матрица. 8. Пружина. 9. и 10. Ультразвуковые генераторы. 11. Пресс-форма.
5	Изготовление абразивного инструмента с ориентированными зёрнами методом экструзии.		1. Пуансон. 2. Игла. 3,4(или 5). Цилиндрические абразивоносные слои заготовки. 6. Участок заготовки. 7. (а, б, в) Поперечные сечения получаемого инструмента.
6	Упорядочение расположения абразивных зёрен в теле инструмента с помощью матриц и пуансонов.		1.Пресс-форма. 2.Шаблон. 3.Сетка. 4.Абразив 1-го вида. 5.Крышка пресс-формы. Абразив 2-го вида.

румента в шахматном порядке увеличивается его режущая способность. Для получения такой конструкции круга предлагается следующая технология его изготовления (см. рис. 6 таб. 1).

В пресс - форму 1 укладывается шаблон 2 и армирующая сетка 3 так, чтобы выступы шаблона входили в соответствующие ячейки армирующей сетки, оставляя часть ячеек свободными. Затем на поверхность сетки засыпают абразив первого вида 4 и посредством вращения крышки 5 пресс-формы втирают зерна 4 абразива в свободные ячейки армирующей сетки 3 (излишек удаляется из пресс-формы). После этого на поверхность насыпают связующее и нагревают его до температуры плавления или полимеризации. Далее шаблон 2 вместе с армирующей сеткой 3 , абразивом 4 и связующим извлекают из пресс-формы, переворачивают и вновь укладывают в пресс-форму уже без шаблона 2 (рис. 6, б), на сетку насыпают абразив 6 другого вида и посредством вращения крышки пресс-формы втирают абразивные зерна 6 в свободные ячейки армирующей сетки 3. В заключение на поверхность насыпают связующее и под давлением спекают, получая готовый абразивный инструмент.

Таким образом, приведенный анализ показывает, что, несмотря на дополнительные технические сложности, возникающие при реализации задачи по ориентированию зерен в теле инструмента, эта задача вполне выполнима, а расходы, связанные с ее претворением в жизнь, могут достаточно быстро окупиться, поскольку качество и эксплуатационные возможности таких инструментов значительно выше, чем у обычных.

Литература.

1. В.А. Щеголев, К.А. Бордашев, В.И. Рудин Способ получения абразивосодержащих покрытий с ориентированными зернами на мелкоразмерном инструменте. СТИН. 1998. №4.

2. А.С.1593939 (СССР) Электростатическая установка для изготовления шлифовальной шкурки./ Ивлев В.А., Скочко А.П., Кучеров Ю.В. и др. Опубл. в Б.И., 1990, №35.

3. А.С.1495100 (СССР) Способ изготовления абразивного инструмента./ Бирюко Б.Н., Буюкли И.М., Попова Л.В. и др. Опубл. в Б.И., 1989, №27.

4. А.С.878555 (СССР) Способ изготовления абразивного инструмента с ориентированными зернами./ Мартиросян Р.Б., Петросян Г.Л., Апоян Г.С. Опубл. в Б.И., 1981, №41.

5. А.С.582957 (СССР) Способ изготовления абразивного инструмента./ Зайцев А.Г. Опубл. в Б.И., 1977, №45

Оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение качества изделий при ремонте

Л. А. ПОЛИНОВСКИЙ, доцент, канд. техн. наук, СГУПС, г. Новосибирск

Повышение уровня технологичности и качества изделий позволяет снизить сумму затрат на изготовление, обслуживание, ремонт и другие эксплуатационные расходы. Наиболее важными этапами разработки проекта, направленного на изменение характеристик техно-логичности или качества изделий являются технический и экономический анализы. Поскольку осуществление проектов, как правило, требует значительных начальных затрат и связано с определенным риском, построение более полных и достоверных экономических моделей позволит в ряде случаев избежать несвоевременных и неоправданных затрат, а при положительном результате анализа представить убедительные доказательства целесообразности осуществления проекта.

В настоящей работе предлагается метод анализа, который предусматривает разделение производственной системы на ряд блоков в соответствии с последовательностью технологического процесса, а каждый блок может разделяться на производственный, эксплуатационный и ремонтный секторы. В отличие от известного анализа "затраты – выпуск" предлагается анализ направлен на выявление внутренних технологических связей между разными производственными подразделениями. Назовем этот анализ "производственные затраты–полезный продукт". Связь между производственными затратами, выпуском полезной продукции и расчетной прибылью в каждом из секторов отражена в виде системы уравнений. В частности, при расчете себестоимости и объема выпускаемой продукции производственным сектором учитываются не только затраты на обслуживание и ремонт, но также влияние простоя оборудования во время ремонта на себестоимость и объем выпуска

В качестве примера рассмотрим двухсекторную систему, состоящую из эксплуатационного и ремонтного секторов. Критерием выбора является размер расчетной прибыли П при реализации продукции $Q_Э$ за рассматриваемый промежуток времени:

$$\begin{aligned} П_Э &= (p_Э - c_Э)\, Q_Э; \\ П_р &= (p_р - c_р)\, n_р; \\ Q_Э &= (n_Э - n_р)\, J_Э \end{aligned} \qquad (1)$$

где: $p_Э$, $p_Р$, $c_Э$, $c_Р$ – оптовая цена и себестоимость продукции в эксплуатационном и ремонтном секторах; $n_Э$– общее количество машин (оборудования), находящихся в эксплуатационном секторе; $n_Р$– часть машин находящихся в ремонте; $J_Э$– средний объем продукции, приходящейся на одну машину.

В развернутом виде уравнения (1) имеют вид:

$$\begin{aligned} П_Э &= (n_Э - n_р)\, J_Э p - (c_{VЭ}(n_Э - n_р)\, J_Э + C_{FЭ} + p_р n_р); \\ П_Р &= n_Р p_Р - (c_{VР} n_Р + C_{FР}), \end{aligned} \qquad (2)$$

где: $C_{FЭ}$, $C_{FР}$, $c_{VЭ}$, $c_{VР}$– постоянные и удельные переменные затраты в эксплуатационном и ремонтном секторах.

При осуществлении проекта, направленного на повышение качества ремонта необходимы затраты на приобретение технологии и оборудования, а также на его монтаж и обучение персонала. Применение анализа позволяет оценить доходность проекта и целесообразность дополнительных затрат для каждого сектора в отдельности и в случае их совместных действий. Доходность

Таблица 1

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего
Фактор дисконтирования	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,565	0,513	0,467	0,424	0,385	-
Прибыль от проекта (в-т 1)	0	0	0	0	,0807	,0734	,0667	,606	,0551	,0501	0,387
Прибыль от проекта (в-т 2)	0	0	0	0	0,242	0,22	0,2	0,182	0,165	0,15	1,16

Таблица 2

Год, сектор	Переменные затраты	Постоянные затраты	Затраты на ремонт	Себестои-мость	Валовый доход	Прибыль
0, Э	1	1	1	3	3,6	0,6
0, Р	0,43	0,4	-	0,83	1	0,17
i, Э	1,1	1	1	3,1	3,96	0,86
i, Р	0,25	0,45	-	0,7	1	0,3

проекта за n лет без дисконтирования:

$$\sum \Delta_{Эi}=\sum (П_{Эi} - П_Э - З_{Эi}) - З_{ЭО};$$
$$\sum \Delta_{Pi}=\sum (П_{Pi} - П_Р - З_{Pi}) - З_{РО}; \quad (3)$$
$$\sum \Delta_\Sigma=\sum \Delta_{Эi} + \sum \Delta_{Pi},$$

где: $З_{ЭО}$, $З_{РО}$, $З_{Эi}$, $З_{Pi}$ – дополнительные затраты на осуществление проекта в начальный период и в i -ый год; n– цикл жизни проекта, i=1, n.

Срок окупаемости проекта засчет дополнительной прибыли, которую должно получить ремонтный сектор, определится из соотношения:

$$\sum \Delta_{Pi}=0; \quad (4)$$

а при учете дополнительной прибыли в обеих секторах:

$$\sum \Delta_\Sigma=0 \quad (5)$$

Затраты $З_{Pv}$ $З_Э$ в ремонтном и эксплуатационном секторах окупаются засчет повышения надежности работы оборудования, увеличения межремонтного цикла, уменьшения количества ремонтируемых и увеличения количества рабочих машин на Δn. Тогда ожидаемая полная и дополнительная прибыль: $П_{Эi}$, $П_{Pi}$, $\Delta_Э$, Δ_{Pi} при реализации проекта за i-ый год:

$$П_{Эi} = (n_Э - n_Р + \Delta n)J_Э\, p_Э - (c_{VЭ}(n_Э - n_Р + \Delta n)J_Э + C_{FЭ} + П_Р + \Delta П_{Pi});$$
$$П_{Pi} + \Delta П_{Pi} = (n_Р - \Delta n)(p_Р + \Delta p_Р) - (c_{VP}(n_Р - \Delta n) + C_{FP} + K_i) \quad (6)$$
$$\Delta_Э = \Delta n J_Э (p_Э - c_{VЭ}) - З_{Эi} - З_{ЭО};$$
$$\Delta_{Pi} = n_Р \Delta p_Р - \Delta n(p_Р + \Delta p_Р) - \Delta n\, c_{VP} - З_{Pi}) - З_{РО}$$

Здесь $\Delta p_Р$, $\Delta П_{Pi}$– возможное изменение стоимости ремонтных услуг.

Для оценки эффективности повышения качества ремонта, например, повышения износостойкости, за счет внедрения установки для индукционной наплавки износостойкого материала с нагревом ТВЧ [1]. При анализе проекта, направленного на повышение износостойкости, нужно учитывать что увеличение межремонтного периода произойдет только через некоторое время - после своеобразного инкубационного периода, в течение которого все изделия пройдут обработку по новой технологии. Общественную пользу проект начинает приносить с начала внедрения. В частности, если каждый год намечено отремонтировать k-ую часть изделий, инкубационный период составит:

$$M_И = 1/k \quad (7)$$

После инкубационного срока дополнительную прибыль от проекта считаем постоянной:

$$\Delta_{Pi} = \Delta_Р = \text{const}; \quad \Delta_{Эi} = \Delta_Э = \text{const} \quad (8)$$

Тогда срок окупаемости согласно (4), (6):

$$M_Р = M_И + З_{РО}/\Delta_Р \quad (9)$$

При согласованном осуществлении проекта:

$$M_О = M_И + З_{РО}/\Delta_\Sigma \quad (10)$$

Ниже приведен пример анализа оценки эффективности приобретения установки и запуска участка для индукционной упрочняющей наплавки. Капитальные затраты на внедрение $З_{РО}$ =0,8 млн рублей, срок внедрения до одного месяца. Данные для расчета в млн рублей приведены в таблице 1. В первой графе 0 год– год без проекта (до внедрения участка) и во время инкубационного периода, i –год после его внедрения и после инкубационного периода. За год через ремонтный сектор проходит 25% всего оборудования, следовательно $M_И$=4 г. В последующие годы объем ремонтных работ снижается, а стоимость ремонта единицы оборудования повышается. В первом варианте считаем, что повышение стоимости на $\Delta p_Р$ компенсирует уменьшение количество ремонтов, а суммарные затраты на ремонт в эксплуатационном секторе остаются постоянными.

Годовая прибыль от проекта после инкубационного периода:

$$\Delta_{Эi} = 0,26;\ \Delta_{Pi} = 0,13;\ S\,\Delta_S = 0,39$$

Сроки окупаемости для 2-х вариантов компенсации начальных затрат:

$$M_Р = 4 + 0,8/0,13 = 10,15; \quad M_О = 4 + 0,8/0,39 = 6,05$$

Таким образом, если приемлемым сроком окупаемости считать 6,7 лет, проект можно рекомендовать к внедрению. Если вся дополнительная прибыль, которая будет получена от его осуществления как в ремонтном так и в эксплуатационном секторах будет направлена на компенсацию капитальных затрат.

Расчет прибыли от проекта без, учета $З_{РО}$ при ставке дисконта 10% за время равное десятилетнему циклу его жизни, приведен в таб. 2.

В рассматриваемом примере дополнительный суммарный доход за 10 лет превысит капитальные вложения на 0,36 млн рублей, в то время как ремонтный сектор может компенсировать свои капитальные затраты только на 48%.

Предлагаемый метод анализа позволяет оценить возможную степень риска, ожидаемое изменение цен, а также выработать совместную стратегию технического перевооружения производства, что особенно важно в период дробления предприятий и изменения форм собственности.

Литература

1. Индукционная наплавка. Технология, материалы, оборудование /под ред. А. А. Боля.– Барнаул: АНИТИМ, 1992– 146 с.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

технология • оборудование • инструменты

Научно-технический и производственный журнал «Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)» издается для широкого круга профессионалов - производственников, предпринимателей, работников науки, высшей школы - и распространяется по подписке, в розницу, на выставках, конференциях и семинарах, путем адресной рассылки на предприятия и организации России и стран ближнего и дальнего Зарубежья.

ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ НА ЖУРНАЛ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ» (ЦЕНЫ ПРИВЕДЕНЫ С УЧЕТОМ НДС)

Подписка на журналосуществляется через редакцию. Для подписки по безналичному расчету необходимо сделать заявку.Заявка оформляется в произвольной форме с указанием адреса и реквизитов подписчика, фамилии получателя. Счет на подписку Вы получите по факсу или по почте.
Подписку можно оформить с любого номера и на любое количество экземпляров. В платежном поручении (или почтовом переводе) укажите: "Подписка на журнал "Обработка металлов".

Периодичность издания журнала	- 4 номера в год.
Стоимость одного номера	- 121 руб.
Стоимость подписки на один номер с учетом доставки и почтовых расходов	- 133 руб.
Стоимость годовой подписки по России с учетом доставки и почтовых расходов	- 532 руб.

РАСЦЕНКИ НА РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ В ЖУРНАЛЕ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ» (С УЧЕТОМ НДС)

Формат	Размер, мм.	Цветная, руб	Черно-белая, руб
1/1	200x280	8000	5000
1/2	170x118, 83x240	4200	2900
1/3	170x78, 83x158	3200	2250
1/4	170x58, 83x118	2400	1750
1/6	83x78	1600	1200
1/8	83x58	1100	800

ПРИМЕЧАНИЯ: публикация рекламы на 4-й странице обложки - надбавка 20%
стоимость рекламной статьи - 2000 руб. за полосу
постоянным клиентам – скидки

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ОАО НПТ и ЭИ “Оргстанкинпром”
630087, г. Новосибирск -87, пр. К. Маркса, 30
Тел.: (3832) 46-37-77, тел./факс: 46-39-11
E-mail: ostp@sibproject.ru

РЕКВИЗИТЫ: ИНН 5404109796
Р/с 40702810801000003157 в КРАБ “Новосибирсквнешторгбанк”
К/с 30101810600000000897, БИК 045004897

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ И РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

1. Статья, направляемая в журнал "Обработка металлов", должна быть сопровождена сведениями об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества, ученой степени, звания, должности, места работы, адреса, телефона, факса, адреса электронной почты.
2. Объем статьи не должен превышать 4-5 журнальных полос формата А4, включая таблицы и рисунки.
3. Автор (авторы) предоставляют статьи на дискете 3,5" в формате текстового файла ASCII или Microsoft Word с распечаткой текста и графических материалов или электронной почтой.
4. Рисунки, фотографии, таблицы, схемы предоставляются в формате TIF, JPG, PSD, EPS, или BMP, с разрешением 300dpi (для полноцветных изображений - цветовая модель CMYK) и с обязательной распечаткой. На обороте указывается (карандашом) фамилия автора, название статьи, номер рисунка (таблицы, формулы).
5. Оригинал-макеты рекламы принимаются в электронной версии (с обязательной распечаткой) в формате CorelDraw, версии 8.0 или Photoshop, версии 5.0. В Corel Draw текст должен быть преобразован в кривые.
6. В случае несоблюдения данных требований, материалы в журнале не публикуются.

Центр «РИД»

г.УФА
Республиканский
Выставочный
Комплекс
ул.Менделеева, 158

УРАЛПРОМЭКСПО-2003

IV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ

II СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

УРАЛ ПРОМ ЭКСПО 2003

11-14 ФЕВРАЛЯ

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ

ЦЕНТР «РИД» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

МЕЖДУНАРОДНОГО

СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ,

АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ:

Журнал «ИСОТ: инструменты, станки, оборудование, технологии»,

«Уральский рынок металлов»

«Обработка металлов
(Технология*Оборудования*Инструменты)»

адрес оргкомитета:
450000, Россия, Башкортостан, Уфа,
Главпочтамт, а/я 1360 А
Телефон: (3472) 22 09 42
Телефон/факс: (3472) 22 54 12
22 48 57
E-mail: larisa-ridexpo@anrb.ru rid@anrb.ru
http://www.ridexpo.ru

Design&PrePress- ÐÈÀ Öåíòð "ÐÈÀ". Òåë. (3472) 223 516.