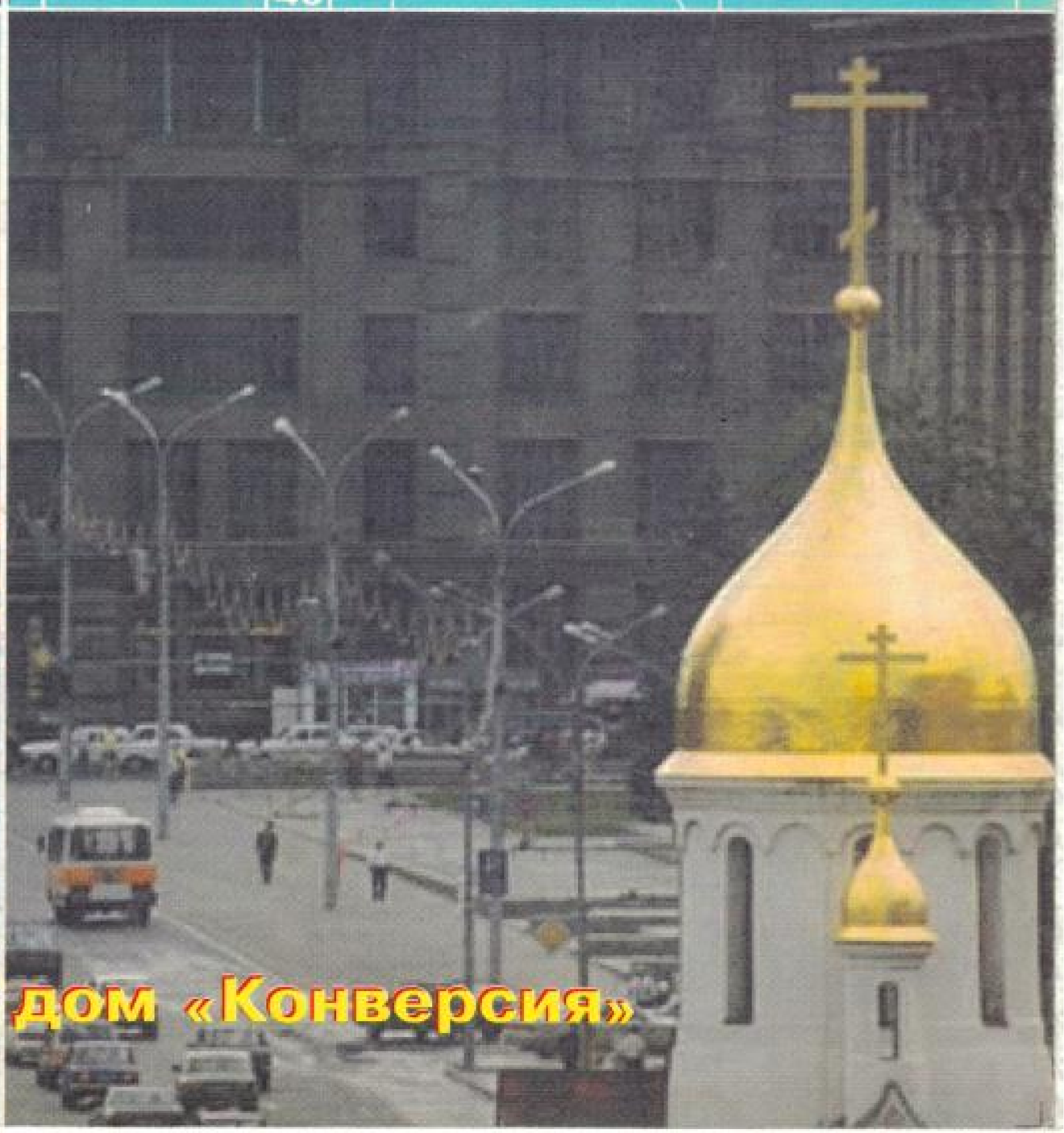
ИНСТРУМЕНТ СИБИРИ

№1 (10), 2001

Научно-технический и производственный журнал



Уважаемые читатели и авторы!

Прошло уже более года с тех пор, как редакционный совет журнала «Инструмент Сибири», учитывая ваши многочисленные просьбы, принял решение расширить тематику журнала, не меняя его названия.

Начиная с № 2 (5) – 2000 года, редакция публикует на страницах журнала материалы не только о существующих прогрессивных инструментах, достижениях в области их разработки и проектирования, авангардных технологиях производства инструмента, но и о новейших технологиях и современном оборудовании для машиностроения, металло-деревообработки и других обрабатывающих отраслей, а также о проблемах экономики и организации машиностроительных производств, сертификации их продукции.

С целью приведения названия журнала в соответствие с его современным содержанием, редакцией рассматривается вопрос его изменения на «МЕТАЛЛООБРАБОТКА: ТЕХНОЛОГИЯ • ИНСТРУМЕНТ • ОБОРУДОВАНИЕ»

Хотелось бы знать ваше мнение по этому поводу, а также выразить надежду, что сотрудничество со специалистами и учеными различных отраслей машиностроения, рационализаторами и изобретателями будет и дальше расширяться и позволит журналу, приобретая новое качество, внести достойный вклад в развитие научно-технического прогресса России.

Редакция.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Голубев Ю.М., директор ООО «ИнстКон», доцент, к. т. н., член координационного совета по промышленной и научно-технической политике МАСС – председатель совета.
Анисименко Г.Е., директор производственно-технологической фирмы «Сигма-инструмент»; **Афанасьев В.К.**, академик РАЕ, профессор, д.т.н., СибГИУ; **Балков В.П.**, зам. ген. директора АО «ВНИИинструмент», к.т.н.; **Герасенко А.Н.**, технический директор ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром»; **Зацепин А.Г.**, зам. генерального директора исполнительного комитета МАСС, член-корр. Академии технологических наук, к.т.н; **Коган Б.И.**, профессор, д.т.н., КузГТУ; **Коротков А.Н.**, профессор, д.т.н. КузГТУ; **Морозов Б.В.**, директор ООО Издательский дом «Конверсия», к.т.н.; **Оробинский В.М.**, профессор, д.т.н., ВолгГТУ; **Павлов В.А.**, президент управляющей компании «Абразивные заводы Урала», к.т.н., Засл. машиностроитель РФ; **Суслов А.Г.**, профессор, д.т.н., Засл. деятель науки и техники РФ, БрянГТУ; **Утешев М.Х.**, профессор, д.т.н., Тюменский нефтегазовый университет — члены совета.

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:
ООО Издательский дом «КОНВЕРСИЯ»

Главный редактор	ГОЛУБЕВ Ю.М.
Зам. главного редактора	МОРОЗОВ Б.В.
Технический редактор	ГИЛЕТА В.П.
Корректура	ШАТРОВ В.А.
Верстка и дизайн	ЗАХАРОВ В.В.
	ПАВЛЕНКО А.В.

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 журнала. Ссылка на журнал обязательна.
Мнение авторов публикаций может не совпадать с мнением редакции. Оригиналы статей не возвращаются и не рецензируются .

Подписка осуществляется через редакцию

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
630073, г.Новосибирск – 73, а/я 50,
ООО Издательский дом «Конверсия»
Тел./факс (383-2) 46-17-07.
E-mail: instkon@gcom.ru
Журнал зарегистрирован 30.10.2000 г. Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации ПИ №77-5644.

Отпечатано в ООО «ПС».
Подписано в печать 11.03.2001г.
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТРУМЕНТ

А.Н. ТАРАСОВ, В.Н. ТИЛИПАЛОВ, С.Б. ПЕРЕТЯТКО. Технология упрочнения мелкоразмерных сверл из быстрорежущих сталей химическим никелированием и термической обработкой — 2

Н.Я. СМОЛЬНИКОВ, В. А. ЕФИМЕНКО, Н. В. ОЛЬШТЫНСКИЙ. Червячная фреза с одинаковым радиусом закругления вершин зубьев — 13

ТЕХНОЛОГИЯ

В.М. ОРОБИНСКИЙ, В.В. ВОРОНЦОВ, А.Н. ВОРОНЦОВА, Л.Г. ГИЛЬДЕБРАНД. Шероховатость обработанной поверхности при шлифовании с поперечной подачей — 6

В.Ю. БЛЮМЕНШТЕЙН. Механика технологического наследования. Описание программы нагружения очага деформации на стадии поверхностного пластического деформирования (ППД) — 18

Г.И. СМАГИН, Н.Д. ЯКОВЛЕВ, М.А. КОРЧАГИН. Получение шлифовальных кругов методом самораспространяющегося температурного синтеза — 23

А.Е. ВОЛКОВ. Перспектива развития новой технологии – импульсной объёмной штамповки (ИОШ) — 29

Г.Н. ГОРШКОВ, В.Б. ШАТРОВ, В.М. ШИЛЯЕВ. Финишная обработка валов лепестковыми кругами и пластическим деформированием с использованием ультразвука — 31

ПРОИЗВОДСТВО И КАЧЕСТВО

Б.И.КОГАН, С.А. БОЧАРНИКОВ, А.П. ЧЕРНЫШ. Новая концепция технологического обеспечения качества ремонта сельскохозяйственных машин — 9

НОВОСТИ от САНДВИК-МКТС — 16-17

ОБОРУДОВАНИЕ

Г. П. НОВОКШАНОВ, А. В. ПАВЛЕНКО, В. П. ГИЛЕТА. Горячий воздух может всё... — 24

НОВОСТИ от РОСМАРК

Серия HARMONY – в новое столетие с новыми возможностями! — 15

Технология упрочнения мелкоразмерных сверл из быстрорежущих сталей химическим никелированием и термической обработкой

А.Н. ТАРАСОВ, член-корр. Российской Академии космических исследований, старший научн. сотр., канд. техн. наук., ОКБ "Факел", В.Н. ТИЛИПАЛОВ, профессор, доктор техн. наук, С.Б. ПЕРЕТЯТКО, аспирант, КГТУ, г.Калининград

Мелкоразмерные вышлифованные сверла из сталей Р6М5, Р6М3 для сверления отверстий диаметрами от 0,12мм до 1,2мм, изготавливаемые по ГОСТ 10902-77 и ГОСТ 2034-80, предназначенные преимущественно для обработки мелких деталей из конструкционных сталей и сплавов в часовой промышленности, находят достаточно широкое применение также в специальных отраслях техники - электронике, приборостроении, производстве ЭРД МТ (электрических реактивных двигателей малой тяги) и ТИП (технологических источников плазмы).

Так, ажурные детали катодных, анодных узлов, микроклапанов подачи рабочих тел из магнитомягкой стали 16Х-ВИ, ковара 29НК, сплава 36НХТЮ, стали 12Х18Н10Т для ЭРД МТ в ОКБ "Факел" при сверлении отверстий с микронными допусками обрабатываются с применением сверл из стали Р6М5 производства Московского инструментального завода "Фрезер". При этом для улучшения качества обработки и повышения износостойкости апробирован и использован ряд технологий оксидирования, вакуумного нитрооксидирования, криогенно-термической обработки мельчайших сверл с учетом воздействия на износостойкость и условия резания всех функциональных коэффициентов, учитывающих особенности обрабатываемого материала и вид покрытия[1-2,5].

Были проведены исследования, оценена перспективность и целесообразность использования применительно к мелким вышлифованным сверлам из быстрорежущей стали процессов комплексной химико-термической обработки, базирующихся на возможностях нанесения никель-фосфорных покрытий на высоколегированные теплостойкие стали карбидного класса.

В качестве образцов для всесторонних анализов и измерений микротвердости, металлографии, толщины слоя, прочности соединения слоя и прочности основы использовались сверла идентичных размеров из одноименных партий изготовления. Для нанесения химникелего покрытия с содержанием фосфора в составе слоя Ni3P от 7 до 11% применялись составы растворов, содержащих сернокислый никель, гипофосфат натрия, уксуснокислый натрий, уксусную кислоту и тиокарбамид в пределах ОСТ 92-4924-84, а также растворы с дополнительными активаторами и стабилизаторами сернокислым кобальтом, сахарозой [3-4] и микродобавками янтарной кислоты (пат. РФ №2 135 635).

В табл.1 приведены выбранные условия химникелирования и последующей термической обработки мелких сверл из быстрорежущих сталей при проведении опытов и упрочнении сверл для серийной обработки нескольких прецизионных деталей из высоколегированных сталей и сплавов, применительно к деталям ЭРД МТ и ТИП. По идентичным режимам обрабатывали сверла для обработки электроизоляционных керамик и янтаря.

Толщину слоя химникеля изменяли от 10-12 мкм для сверл меньшего диаметра и до 15-20 мкм для сверл большего диаметра с учетом исходного размера и допусков на обрабатываемые отверстия. При термичес-

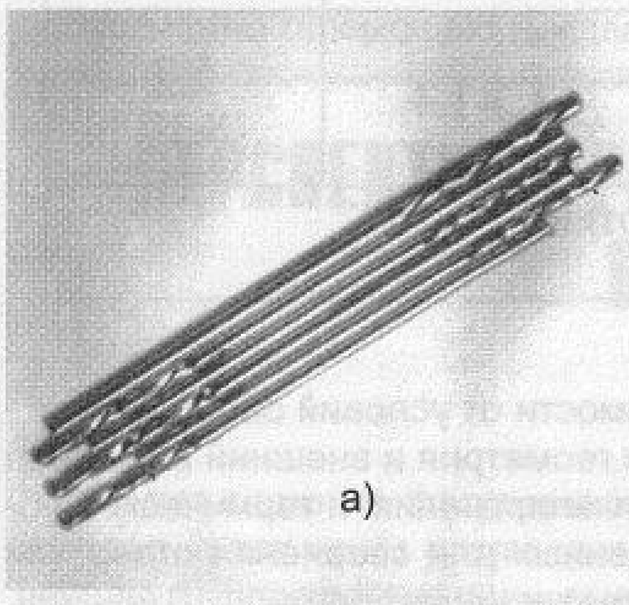
Таблица 1

Диаметр сверла, исходная твердость, $HRC_э$	Условия нанесения никель-фосфористого покрытия x)	Режим термической обработки xx)
0,12-0,25мм, длина 18-25мм, $HRC_э$=62-63	Раствор 35г/л $NiSO_4$, 30г/л $Na_2H_2PO_4$, 10г/л $NaCH_3COO$, 5г/л CH_3COOH, 0,003г/л $(NH_2)_2CS$ Температура раствора 85-90°С, pH=4,3-5,0, плотность загрузки 2,0 $дм^2$/л, xxx)	Отпуск 400-500°С, на воздухе 60-90 минут
0,45-0,60мм, длина 30-35мм, $HRC_э$=63-64		Отпуск 500-550°С, на воздухе 90-120 минут
0,8-1,2мм, длина 35-50мм, $HRC_э$=64-65		Отпуск 520-620°С, на воздухе 60-120 минут

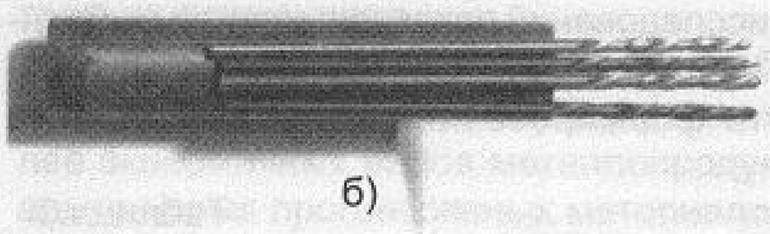
x)- время выдержки 45-90 мин в зависимости от требуемой толщины
xx)- после сушки при 100-120°С в электрошкафах СНВЛ-3.3,5/3
xxx)- при введении янтарной кислоты или сахарозы тиокарбамид не вводился

кой обработке сверл диаметром до 0,8 мм, с целью исключения возможной деформации, их размещали по образующей цилиндрических шлифовальных постоянных магнитов из сплава ЮНДК-24, по 15-25 сверл на каждом магните.

На рис.1 показаны сверла, вышлифованные из стали Р6М5, до и после химического никелирования - после формирования слоя Ni_3P толщиной 18 мкм. На рис.2 приведена макроструктура деталей микроклапана при сверлении технологических и конструктивных отверстий сверлами различных диаметров с нанесением на режущие грани слоя химического никеля с последующим отпуском при 500°С. Здесь же показана макроструктура. сборки микроклапана из трех видов деталей - из высокохромистых коррозионностойких и нержавеющих сталей с каналом подачи, выполненном в стали 12Х18Н10Т сверлом диаметром 0,2 мм с упрочнением по одному из разработанных вариантов.

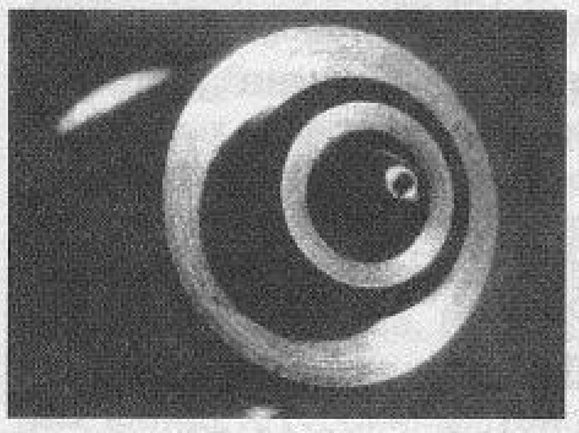


а)

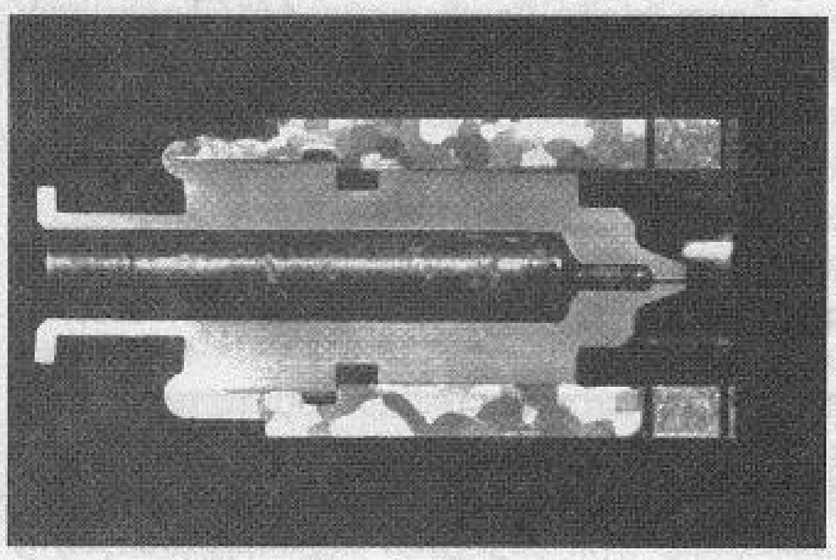


б)

Рис. 1. Сверла диаметром 0,8мм до химического никелирования (а) и после нанесения химникеля, перед термической обработкой на постоянном магните (б), х 1,2



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид (а), х 5 и макроструктура (б), х 3,5 электромагнитного микроклапана с отверстиями, высверленными сверлами со слоем химникеля на стали Р6М5 с покрытием и отпуском

На рис. 3 приведена макроструктура в поперечном сечении одного из сверл после химникелирования и термической обработки. На рис. 4 - микроструктура слоя и основы, а на рис. 5 - характер изменения микротвердости слоя и основы в зависимости от температуры заключительного отпуска.

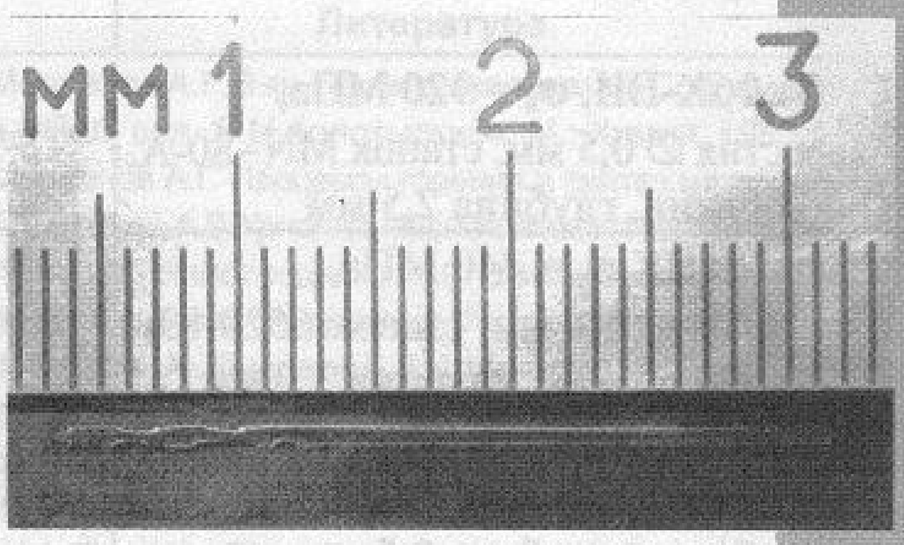


Рис. 3. Макроструктура сверла по контуру

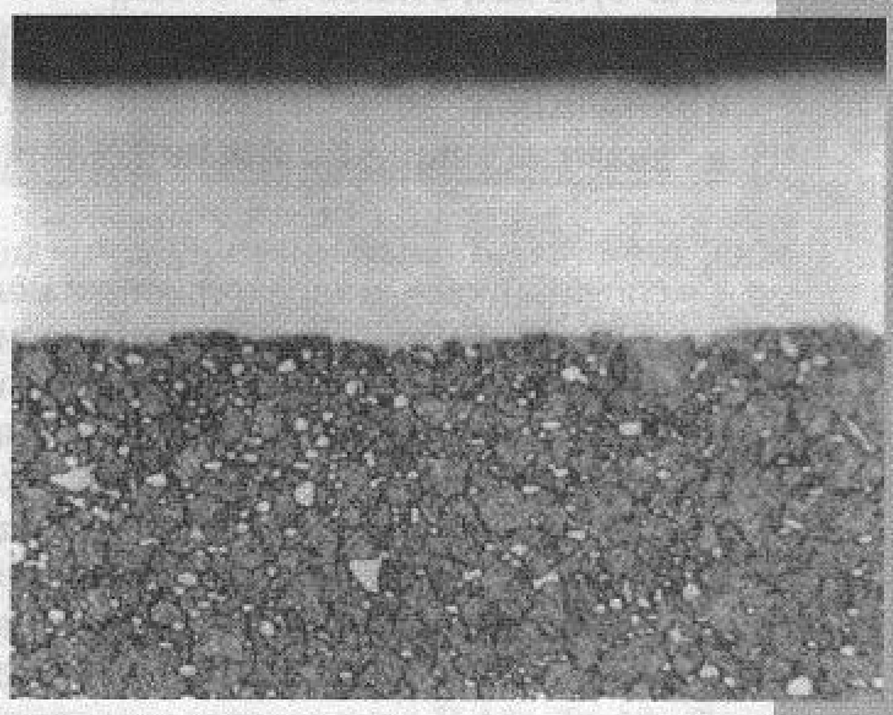


Рис. 4. Микроструктура сверла из стали Р6М5 после химникелирования 60 мин. и отпуска при 500°С, 90 мин., х 500

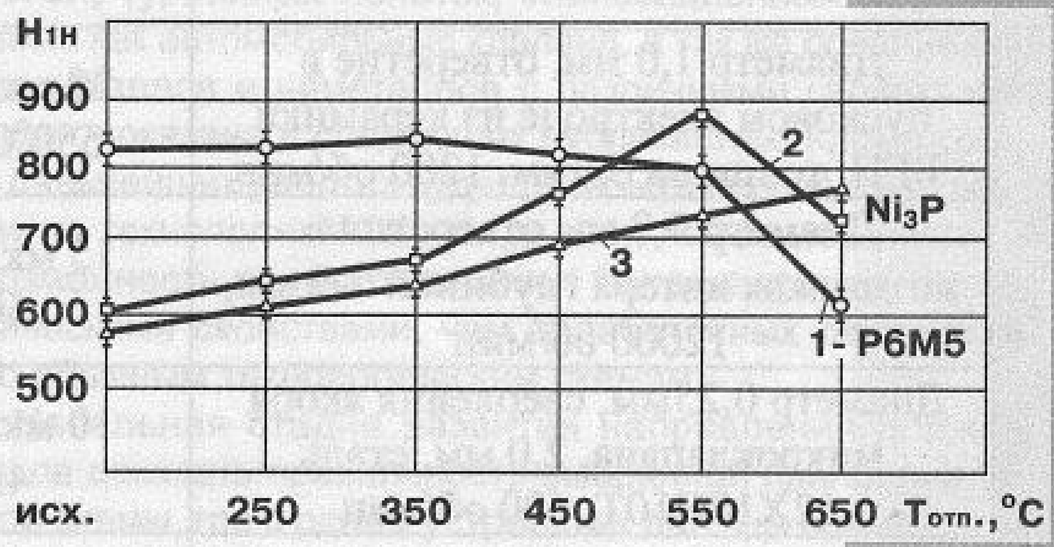


Рис. 5. Изменение микротвердости сверл, вышлифованных, диаметром 0,6-0,8 мм из стали Р6М5 в зависимости от температуры отпуска (1-основа, 2- слой, выдержка 60 мин., 3- слой, выдержка 90 мин., толщина слоя 20 мкм)

В табл. 2 приведены свойства сверл, предназначенных для обработки различных сталей и сплавов, а также условия сверления, при которых осуществлялась обработка деталей микроклапанов ЭРД МТ. Аналогичные испытания проводились на сверлах для обработки неметаллов.

Таблица 2

Сверло, обрабатываемый материал, условия обработки	Толщина слоя, мкм	Микротвердость H_{1H} слой/основа	Усилие разрушения при изгибе, Н	Износостойкость x)
Сталь 16Х-ВИ, $\sigma_в$ = 320 МПа, отверстия ∅ 0,5 мм, станок MN–80-А, 1600 об/мин, глубина 2,5 мм	18-20	901-908/824-830	5,9-6,0	20-22 / 35-40
Сталь 29 НК, $\sigma_в$ = 440 МПа, отверстия ∅ 1,0 мм, станок 6520-83, ЧПУ, 600 об/мин, глубина 3,0 мм	20-25	855-860/841-850	8,7-9,0	17-18 / 30-35
Сталь 36НХТЮ, $\sigma_в$ = 1050 МПа, отверстия ∅ 1,2 мм, станок СМ–8-П, 1200 об/мин, глубина 0,5 мм	20-25	903-922/814-837	11,3-12,0	6-8 / 10-12
Сталь 12Х158Н10Т, $\sigma_в$ = 550 МПа, отверстия ∅ 0,12 мм, станок С–106Н, 2800 об/мин, глубина 2,2 мм	10-15	822-830/788-801	1,3-1,4	5-7 / 8-10
x) – в числителе – стандартные без покрытия и термообработки, в знаменателе – с химникелированием и термообработкой.				

Качество и эксплуатационные характеристики мелкоразмерных сверл с химическим никелированием оценивались с учетом технологических схем нанесения покрытия - составов ванн, температурных и временных параметров обработки при равных условиях заключительной термической обработки. При этом определялись износостойкость сверл при сверлении тончайших отверстий в деталях и заготовках из различных материалов. В табл. 3 приведены данные испытаний мелких сверл на различных материалах в зависимости от условий обработки.

На рис. 6 показаны геометрия и внешний вид сверл после химического никелирования и термической обработки, предназначенных для сверления отверстий в прецизионных сплавах и неметаллах.

Результаты исследований показали, что при выбранных составах ванн и условиях химического никелирования скорость формирования слоя фосфористого

Таблица 3

Сверло ГОСТ 10 902 – 77, обрабатываемый материал x)	Химникелирование, термообработка	Адгезионно-диффузионная связь с основой xx)	Износостойкость, мин xxx)
Диаметр 1,0 мм, отверстие в пусковом электроде из керамики БГП, толщина 6,0мм, 1200 об/мин	20 мкм, отпуск 550°С, 45 мин	Шелушения и трещин в слое не наблюдается	22-25 / 30-32
Диаметр 0,8 мм отверстия в заготовках янтаря глубиной 7-9 мм, 12000 об/мин	15 мкм, 500°С, 60 мин	Отслаивания нет, отдельные микротрещины	15-18 / 22-25
Диаметр 0,25мм, сверления якоря микроклапана, 2,0 мм, сталь 12Х18Н10Т, 600 об/мин	10 мкм, 500°С, 45 мин	Излом без поверхностных дефектов	5-7 / 8-11
Диаметр 0,6 мм, канал крепления капилляра, толщина 1,2 мм, сплав ВХ4-Ш, 600 об/мин	18 мкм, 550°С, 60 мин	Отдельные трещины в близи излома	8-10 / 12-16
x) – для керамики и янтаря переточка заборной части xx) – после испытания на изгиб, в зонах разрушения в близи излома xxx) – в числители – без химникеля, в знаменателя – с химникелем с термообработкой по предложенной технологии			

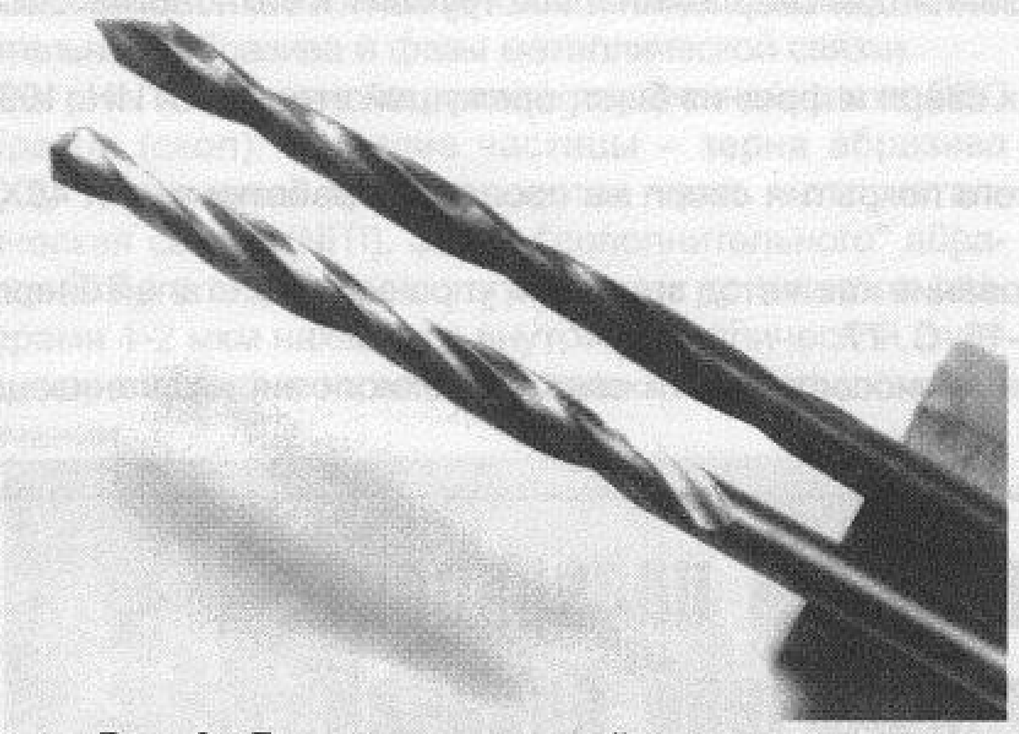


Рис. 6. Геометрия конусной части сверл диаметром 1 мм (слоя химникеля 20 мкм), предназначенных для обработки стали (внизу) и янтаря (вверху), х 5

никеля на быстрорежущей стали Р6М5 достигает 0,30 - 0,35 мкм/мин. При этом локальным спектральным анализом на приборах "Спектрокаст" и "Спектроскан" установлено стабильное соотношение никеля и фосфора при содержании последнего 7,5 - 9,0% мас. Микротвердость слоя Ni_3P непосредственно после химникелирования составляет $H_{1н}$ = 520 - 630 и повышается с ростом температуры и времени выдержки при заключительной термообработке до $H_{1н}$ = 800-940.

Оптимальной температурой отпуска, позволяющей сохранить твердость основного металла сверл на уровне $HRC_э$ = 62-64 является 540 - 550°С. Хотя для сверл, работающих по более вязким сталям и сплавам, для уменьшения хрупкости основы возможно повышение температуры отпуска до 600 - 620°С, в пределах красностойкости быстрорежущей стали $HRC_э$ = 58-60. Это может быть целесообразным также в связи с повышением твердости слоя фосфористого никеля до максимально возможных значений, что соответствует данным, полученным в работе [4].

Установлено также, что прочность соединения слоя с основой увеличивается не только с введением в растворы микродобавок янтарной кислоты или сахарозы, но и с повышением температуры и времени заключительной термической обработки.Удлинение времени выдержки выше 90-120 мин. экономически нецелесообразно. Практически для всех испытанных интервалов температур отпуска (400 - 620°С) наблюдалось повышение стрелы прогиба при испытании на изгиб одной сосредоточенной нагрузкой на установках МИП - 5, МИП - 10. При этом отсутствовали сколы, шелушение и зонное выкраивание слоя химникеля, характерные для температур отпуска 270 - 350°С, общепринятых по стандартам для углеродистых и легированных сталей. Использование в качестве оснастки при проведении термической обработки постоянных магнитов позволило исключить деформацию сверл по длине, особенно при диаметрах сверл 0,12 - 0,5 мм. Это уменьшало преждевременное разрушение в зоне перехода спиральной части к гладкой цилиндрической поверхности в начальный момент начала формирования отверстий.

Производственные испытания сверл малого диаметра при изготовлении деталей микродвигателей и микроклапанов из сплавов ВХ4-Ш, 29НК, 36НХТЮ, сталей 16Х-ВИ, 12Х18Н10Т, а также керамики БГП, БГП-10 и янтаря показали, что сверла с никельфосфористым покрытием, термообработанные с нагревом на воздухе при температурах, допустимых для отпуска быстрорежущих сталей, имеют высокие эксплуатационные характеристики. Кроме повышения износостойкости, сверла имеют лучшую прирабатываемость. Тонкая поверхностная оксифосфидная пленка на поверхности улучшает условия охлаждения и смазки: олеиновой кислотой или касторовым маслом для металлов и водой -для неметаллов. Как следствие, уменьшается шероховатость обрабатываемых отверстий, увеличивается выход годных деталей.

Разработанная на базе полученных данных технология химико-термической обработки мелких вышлифованных сверл из стали Р6М5 включает:

- расконсервацию, сортировку по диаметрам стандартных сверл, заточку алмазными кругами заборной части в зависимости от обрабатываемого материала, выбор толщины химникелирования;
- химическое обезжиривание в водных растворах, содержащих фосфорнокислый углекислый и кремневокислый натрий, при температуре не ниже 80°С, горячую промывку при 70-80°С, холодную промывку при 18-20°С в воде;
- декапирование при температуре не ниже 20°С в водном 25% растворе соляной кислоты;
- химическое никелирование в растворах при температурах не ниже 90°С, содержащих сернокислый никель, гипофосфат натрия, уксуснокислый натрий, уксусную кислоту и активаторы - тиокарбамид или янтарную кислоту или сахарин при контроле кислотности, содержания фосфатов, плотности загрузки в узких пределах (табл. 1).

При этом время выдержки при химическом никелировании, исходя из назначаемой толщины покрытия, должно составлять не менее 45 мин.- для сверл диаметром до 0,2 мм, не менее 60 мин.- для сверл диаметром до 0,8 мм и не менее 75 мин.- для сверл диаметром выше 1,0 мм;

- отпуск в воздушной атмосфере с нагревом в малоэнергоемких печах СНОЛ - 1,6.2,5.1/9И при температурах 500-550°С в течение 30 - 90 мин. с размещением сверл диаметром менее 0,5 мм на постоянных магнитах из сплава ЮНДК - 24 вдоль шлифованных поверхностей и при свободной загрузке - горизонтально для сверл диаметром выше 0,5 мм, с охлаждением на воздухе или в масле;
- определение фактической толщины слоя химникеля Ni_3P микрометром и измерение микротвердости на одном из сверл по предварительно полированной поверхности или на микрошлифе.

Литература.

1. Силин С.С., Баранов А.В. Оптимизация скоростей резания при сверлении // Инструмент и технология. 2000, №1,- С. 22-23.
2. Тарасов А.Н. Вакуумное нитрооксидирование часовых сверл и фрез из быстрорежущей стали // СТИН. 1996, №3,-С. 27-29.
3. Гоглев А.Я., Бутенко В.И. Влияние никельфосфористого покрытия сверл на процесс обработки стали 40Х // Станки и инструмент. 1973, № 2,- С. 28-29.
4. Велемицина В.И., Рябчиков В.И. Химическое никелирование как метод защиты и упрочнения деталей энергетического оборудования. М. ГОСИНТИ. 1975, №3-75-1053-18. С. 77.
5. Тарасов А.Н. Криогенно-магнитный способ повышения износостойкости сверл // Технология и организация производства. Киев. 1987, № 2,- С. 38-39.

Шероховатость обработанной поверхности при шлифовании с поперечной подачей

В.М. ОРОБИНСКИЙ, профессор, доктор техн. наук,
В.В. ВОРОНЦОВ, аспирант, А.Н. ВОРОНЦОВА, доцент, канд. техн. наук,
Л.Г. ГИЛЬДЕБРАНД, доцент, канд. техн. наук, ВолгГТУ,
г.Волгоград

Для процессов изготовления деталей важнейшими элементами технологической системы, непосредственно влияющими на показатели качества и надежности изделия, являются способы и режимы финишных операций и достигаемая при этом шероховатость поверхности.

Так как шлифование почти всегда завершающая операция обработки поверхности заготовки, очень важно достигнуть при выполнении этой операции не только достаточной производительности обработки, но и обеспечить требуемое качество поверхности детали и, в первую очередь, заданную шероховатость поверхности.

Метод наружного круглого шлифования с непрерывной поперечной подачей под действием постоянной силы удобно использовать при определении обрабатываемости материала заготовок шлифованием [1]. Его рационально использовать при определении режущей способности шлифовального круга (коэффициента режущей способности круга [2]). Этот метод может быть использован и непосредственно на производстве при шлифовании труднообрабатываемых материалов. В этом случае используется станок с адаптивным управлением, позволяющим шлифовать заготовку с постоянной силой P_y, и за счет этого максимально использовать в течение всего периода стойкости круга его режущие возможности.

В справочной литературе приводятся данные о шероховатости поверхности, получаемой при выполнении шлифовальных операций традиционным способом, но мало данных о результатах обработки под действием постоянной силы и об изменении шероховатости поверхности в течение периода стойкости инструмента.

Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

Способ шлифования поверхности образца с постоянной составляющей силы P_y наиболее перспективен при изучении режущей способности абразивного инструмента.

По ГОСТ 21445 режущей способностью абразивного инструмента называется величина, характеризующая абразивный инструмент, равная отношению массы или объема снятого обрабатываемого материала к длительности обработки при заданных условиях.

В качестве такого условия удобно выбирать действие постоянной радиальной составляющей силы резания, а объем сошлифованного материала относить к одной минуте непрерывной работы инструмента. (Иначе говоря - производительности шлифования).

Выбор этого условия не является случайным. Величина радиальной составляющей силы резания непосредственно влияет на упругие перемещения технологической системы. По этому поводу профессор Лурье Г. Б. писал: "Так как точность и шероховатость поверхности, износ круга функционально связаны с силой, прижимающей круг к обрабатываемой поверхности, режущую способность круга можно характеризовать съемом металла в единицу времени и радиальной силой P_y, возникающей при шлифовании. Это соотношение является качественной характеристикой режущей способности круга" [3].

Приведенное утверждение может привести к несколько неверному представлению об образовании шероховатости обработанной поверхности: если шероховатость функционально связана с силой P_y, то при работе с постоянной силой шероховатость должна оставаться неизменной.

Опыт использования этого метода обработки показывает, что такой прямой зависимости нет.

Вместе с тем процесс шлифования с постоянной силой P_y удобен для анализа режущей способности круга уже потому, что отпадает необходимость в процессе опыта измерять силу, что, несомненно, повышает точность расчета режущей способности.

Следует отметить и то, что несмотря на изменение шероховатости поверхности в течение периода стойкости круга даже при работе с постоянной силой P_y , про-

цесс этот перспективен, так как более закономерно деформируется станочная технологическая система, что позволяет повысить точность формы обрабатываемой поверхности. Так что этот метод шлифования может находить применение при обработке особо точных поверхностей.

Изучению закономерностей образования шероховатости прошлифованной поверхности посвящен ряд фундаментальных работ [4,5] и др.

В своей книге С. А. Попов, Н. П. Малевский, Л. М. Терещенко [6] следующим образом описывают образование обработанной поверхности заготовки. Процесс шлифования можно рассматривать как линейную динамическую систему, в которой входной характеристикой является режущее пространство, представляющее собой совокупность режущих профилей круга в плоскостях, перпендикулярных к вектору скорости круга. Режущий профиль рассматривается как стационарный случайный процесс, характеризующийся средним значением, корреляционной функции и спектральной плотностью. Входные спектральные характеристики связываются в этой модели с шероховатостью обработанной поверхности с помощью передаточной функции динамической системы.

Нет основания иначе представить формирование обработанной поверхности при шлифовании с непрерывной подачей под действием постоянной силы. Поэтому, закономерности, установленные для шлифования с периодической постоянной подачей, должны примерно соблюдаться.

Профессор Маслов Е.Н. для случая наружного круглого шлифования предложил для определения шероховатости обработанной поверхности зависимость вида [4]:

$$Ra = C_{Ra} V_з^p t^z S^q K_1 K_2 K_3 / (V_K^\omega d^\mu B^n), \qquad (1)$$

где C_{Ra} -коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала; K_1 - коэффициент, учитывающий зернистость шлифовального круга; K_2 - коэффициент, учитывающий состав охлаждающей жидкости; K_3 - коэффициент, учитывающий влияние зачистных ходов; $V_з$ - скорость заготовки, м/мин; S^q - продольная подача, мм/об; $V_к$ - скорость круга, м/с; d - диаметр шлифуемой поверхности, мм; B - высота круга, мм.

Отметим, что производительность шлифования в этом случае определяется зависимостью:

$$W = 1000 V_з S t \qquad (2)$$

Можно предположить, что и при шлифовании с непрерывной подачей под действием постоянной силы шероховатость тоже определяется производительностью обработки. Только показатель степени должен быть подобран опытным путем.

Наши опыты показали, что производительность наружного круглого шлифования с непрерывной поперечной подачей под действием постоянной силы определяется для данного круга и обрабатываемого материала в основном двумя параметрами - скоростью круга и относительной величиной действующей силы P_y/B, Н/мм.

При определении режущей способности круга, с целью установления его качества, нет смысла вести исследования с различными скоростями резания. Шлифовальные станки имеют или постоянную частоту вращения круга или крайне ограниченное число ступеней, поэтому испытания круга следует вести с постоянной скоростью резания, близкой к V_K = 35 м/с.

Зато при обычном шлифовании радиальная составляющая силы резания P_y изменяется в довольно широких пределах.

Если сравнить величину силы P_y при окончательном круглом наружном шлифовании с продольной подачей [2] ($V_з$ = 15 м/мин; t = 0,005 мм; S = 0,2B), с величиной этой же составляющей при предварительном шлифовании (V = 25 м/мин; t = 0,025 мм и S = 0,7B), то эти силы будут разниться в 11,3 раза [2]. Поэтому было принято решение в первую очередь исследовать зависимость шероховатости поверхности от величины относительной силы: P_y/B, Н/мм, где B - высота круга.

Была поставлена специальная серия опытов.

На круглошлифовальном станке модели 3А151, оснащенном специальным приспособлением, позволяющим шлифовать образцы с непрерывной поперечной подачей под действием постоянной силы, кругом ПП3350х40х127, 24А40СМ27К6 шлифовались образцы из каленой стали марки 45, имеющие форму валика с рабочей шейкой ∅ 50 х 80 мм. Обрабатывалась партия из 5 образцов.

Шлифовальный круг правился алмазным карандашом АО1 (ГОСТ 607-80) на режиме: поперечная подача $S_{поп}$ = 0,03 мм/дв.ход; продольная подача $S_{пр}$ = 0,4 м/мин делалось 4 рабочих хода и 4 хода выхаживания.

Образцы шлифовались на режиме: скорость круга $V_к$ = 34 м/с; $V_з$ = 19,6 м/мин; S = 12 мм/об с поперечной подачей под действием постоянной силы P_y = 20 Н. Каждый образец шлифовался в течение 1 мин., затем снимался со станка и шероховатость поверхности измерялась на профилометре мод. 253.

После этого круг правился и партия образцов шлифовалась еще раз при P_y = 40 Н. Измерения повторялись, затем шлифовались с P_y = 60 Н; P_y = 80 Н; P_y = 100 Н; P_y = 120 Н.

Среднее арифметические значения шероховатости обработанной поверхности показаны на графике рис. 1.

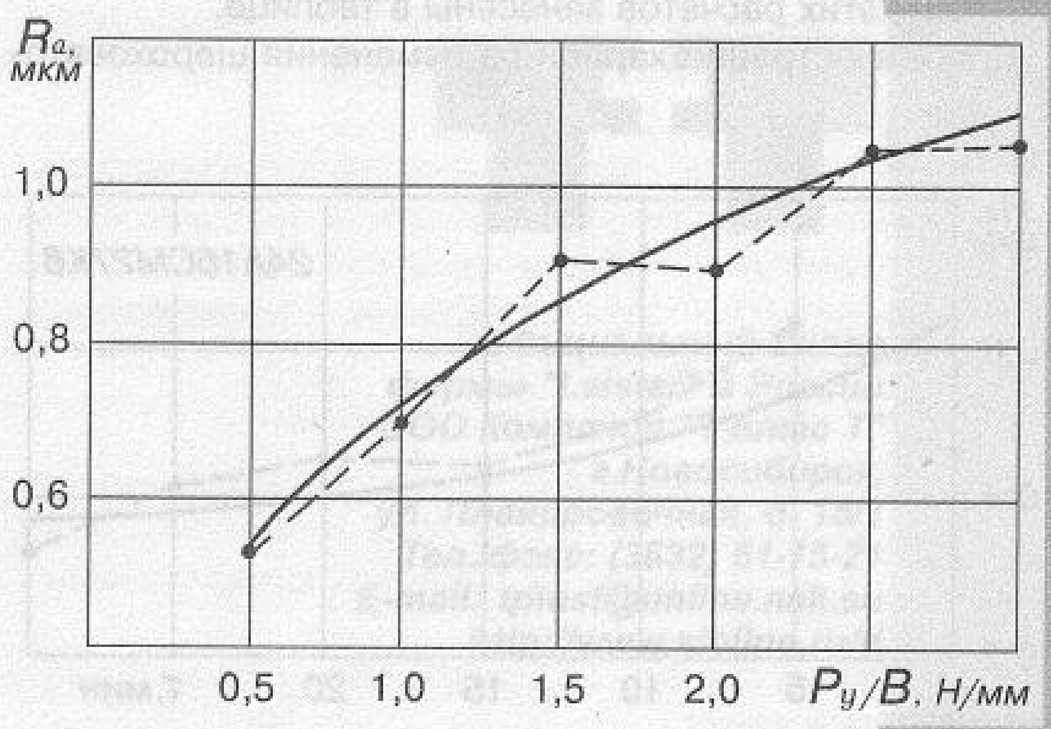


Рис. 1. Зависимость шероховатости поверхности от относительной силы

Используя метод наименьших квадратов была установлена формула аппроксимирующей зависимости:

$$Ra = 0{,}7(P_y / B)^{0{,}41} \qquad (3)$$

В практике шлифования определенное значение имеет вопрос: как изменяется шероховатость обработанной поверхности за период стойкости круга.

Известно, что работающие на поверхности круга абразивные зерна в процессе шлифования изнашиваются, причем даже с образованием "Площадок износа" [1]. Несомненно, что этот износ должен повлиять на шероховатость обрабатываемой кругом поверхности. Профессор Г.Б.Лурье приводит принципиальную схему [3] изменения высоты шероховатости во времени.

Для исследования этого явления в условиях шлифования под действием постоянной силы была поставлена специальная серия опытов.

Ставилась задача проследить изменение высоты микронеровностей обработанной поверхности за период стойкости круга, который был принят равным 30 мин.

Попутно было решено исследовать влияние на изменение шероховатости в течение периода стойкости марки шлифовального круга.

В качестве рабочей гипотезы было принято предположение, что в течение периода стойкости круга шероховатость обработанной поверхности уменьшается, причем интенсивность уменьшения шероховатости пропорциональна самой шероховатости:

$$-\frac{dRa}{d\tau} = \rho Ra \qquad (4)$$

Разделив переменные и решив это дифференциальное уравнение, получаем зависимость вида:

$$Ra = Ra_o \exp(-\rho r) \qquad (5)$$

Было решено исследовать изменение шероховатости поверхности при обработке заготовок шлифовальными кругами трех марок: 24А40СТ27К6; 24А40С27К6 и 24А16СМ27К6 при шлифовании образцов из каленой стали 45.

Шлифовальным кругом каждой из указанных марок шлифовалось по три образца в течение 30 мин. каждый.

Обработка велась на режиме: скорость круга $V_к$ = 34 м/с; скорость образца $V_з$ = 20 м/мин; продольная подача S = 8 мм/об. Непрерывная поперечная подача обеспечивалась действием постоянной силы P_y = 40 Н.

Перед опытом круг правился на режимах, указанных выше, затем образец шлифовался в течение 5 мин., процесс прерывался, измерялась шероховатость поверхности и шлифование продолжалось следующие пять минут и т.д.

Перед постановкой следующего образца круг правился.

Средние арифметические значения параметра R_a представлены в таблице.

Таблица

Изменение шероховатости обработанной поверхности

Марка шлифовального круга	τ, мин						Уравнение имитирующего процесса
	5	10	15	20	25	30	
	Ra, мкм						
24А40СТ27К6	0,7	0,52	0,44	0,35	0,26	0,26	Ra=0,742exp(–0,0415τ)
24А40С27К6	0,65	0,5	0,5	0,38	0,38	0,40	Ra=0,65exp(–0,0234τ)
24А16М27К6	0,63	0,52	0,44	0,48	0,45	0,35	Ra=0,57exp(–0,0144τ)

Используя методику, описанную в пособии [7] были вычислены параметры, имитирующих процессов. Результаты этих расчетов занесены в таблице.

Для иллюстрации характера изменения шероховатости поверхности образца в течение периода стойкости круга на рис. 2 показан график, имитирующего процесса и опытная зависимость для круга марки 24А16СМ27К6.

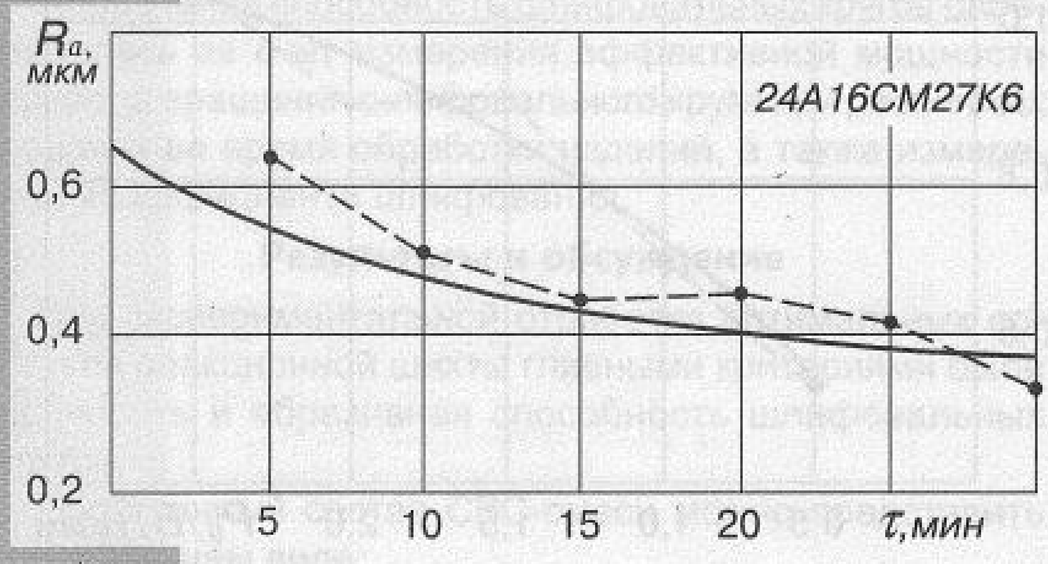


Рис. 2. Изменение шероховатости обработанной поверхности за период стойкости круга

Выводы:

1. При шлифовании сталей с непрерывной поперечной подачей, под действием постоянной силы, шероховатость обработанной поверхности существенно зависит от величины относительного усилия, с которым круг прижимается к обрабатываемой поверхности.

2. Шероховатость обработанной поверхности зависит от марки шлифовального круга, но изменяется незначительно.

3. В процессе шлифования в течение периода стойкости шлифовального круга шероховатость обработанной поверхности уменьшается, причем интенсивность этого уменьшения зависит довольно существенно от марки шлифовального круга.

Литература.

1. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. - М.: Машиностроение, 1974. - 280 с.
2. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Резникова. - М.: Машиностроение, 1977. - 391 с.
3. Лурье Г. Б. Шлифование металлов. - М.: Машиностроение, 1969. - 172 с.
4. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. - М.: Машиностроение, 1974. - 320 с.
5. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. - Л.: Машиностроение, 1979. - 248 с.
6. Попов С. А., Малевский Н. П., Терещенко Л. М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов.- М.: Машиностроение, 1977. - 263с.
7. Чернышев Н. А. Резание абразивным инструментом. - Волгоград, изд. ВолгПИ, 1976. - 115 с.

Новая концепция технологического обеспечения качества ремонта сельскохозяйственных машин

Б.И.КОГАН, профессор, доктор техн. наук, КузГТУ,
С.А. БОЧАРНИКОВ, аспирант КемСХИ, А.П. ЧЕРНЫШ, аспирант КемСХИ,
г.Кемерово

Показатели надежности мащин после капитального ремонта значительно ниже, чем у новых. Наработка на отказ, например уменьшается на 15-20%, простои из-за отказов увеличиваются на 35-50%, а средний межремонтный ресурс снижается на 30-50%. После капитального ремонта ухудшается работоспособность машин, увеличиваются затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт. Расход запчастей на производство текущего ремонта машин после капремонта значительно превышает нормативы их расхода на эксплуатацию. Работы по поддержанию и восстановлению работоспособности и ресурса машин до уровня, близкого к новым, включают различные виды ремонтов, наряду с обычной заменой отказавших блоков и деталей. Качество ремонта должно соответствовать требованиям нормативно-технической документации и государственным стандартам. Комплексная система управления качеством ремонта содержит технические, организационные, экономические и социальные мероприятия. К техническим мероприятиям относятся: совершенствование технологической подготовки ремонтного производства, метрологическое обеспечение работ по ремонту и восстановлению деталей, сборка и испытание машин.

Технологический процесс ремонтного производства включает в себя, кроме общемашиностроительных элементов, специфические технологические операции - разборку машины на агрегаты, сборочные единицы и детали, мойку, дефектацию, контроль и комплектование деталей и сборочных единиц, восстановление деталей с последующей обработкой, сборку, испытания.

Представляется целесообразным усовершенствовать технологическую подготовку операций разборки, восстановления, обработки после восстановления, комплектования, балансировки, сборки, испытаний и обкатки, контроля качества в соответствии с концепциями модульной технологии [1, 3] ремонта специфичных механизмов, сборочных единиц и деталей, теории точности [2,10], теории структуры механизмов [4]. Это новая постановка задачи, требующая теоретической разработки.

Концепция модульной технологии, предложенная проф. Б.М. Базровым, предусматривает централизацию технологической подготовки производства на основе классификации сочетаний поверхностей (или отдельных поверхностей), предназначенных для совместного выполнения законченной служебной функции детали. Такое сочетание названо модулем поверхностей (МП). Номенклатура МП ограничена 26 наименованиями, и любую деталь можно представить совокупностью МП из этой номенклатуры. На любом предприятии одну и ту же деталь можно представить одинаковой совокупностью МП. Все поверхности деталей подразделяются на рабочие, базирующие и связующие. Рабочие поверхности выполняют рабочие процессы - передачу движений, обработку, разрушение, герметизацию, передачу рабочей среды и др. Базирующие поверхности лишают деталь определенного числа степеней свободы из шести и имеют определенные наименования: установочная база, направляющая, опорная, двойная направляющая, двойная опорная, центрирующая базы. Связующие поверхности непосредственно не участвуют в выполнении деталью служебных функций. Они объединяют исполнительные поверхности детали (рабочие и базирующие) в единое пространственное тело, придают ему требуемые форму и размеры. Классификация модулей поверхностей (по Б.М. Базрову) приведена на рис. 1, а на рис. 2 показаны примеры модулей поверхностей. Сочетание модулей поверхностей базирующих (МПБ), рабочих (МПР), и связующих (МПС), объединенных технологической общностью изготовления, названо модулем поверхностей интегральным (МПИ). Совокупность основных и вспомогательных переходов по изготовлению одного МПИ названа технологическим блоком. Огромный диапазон размеров и технических требований, материалов предопределяет необходимость разработки совокупностей технологических блоков для множества МПИ одного наименования. Типовые технологические блоки (ТТБ) можно использовать на любом предприятии с минимальной доработ-

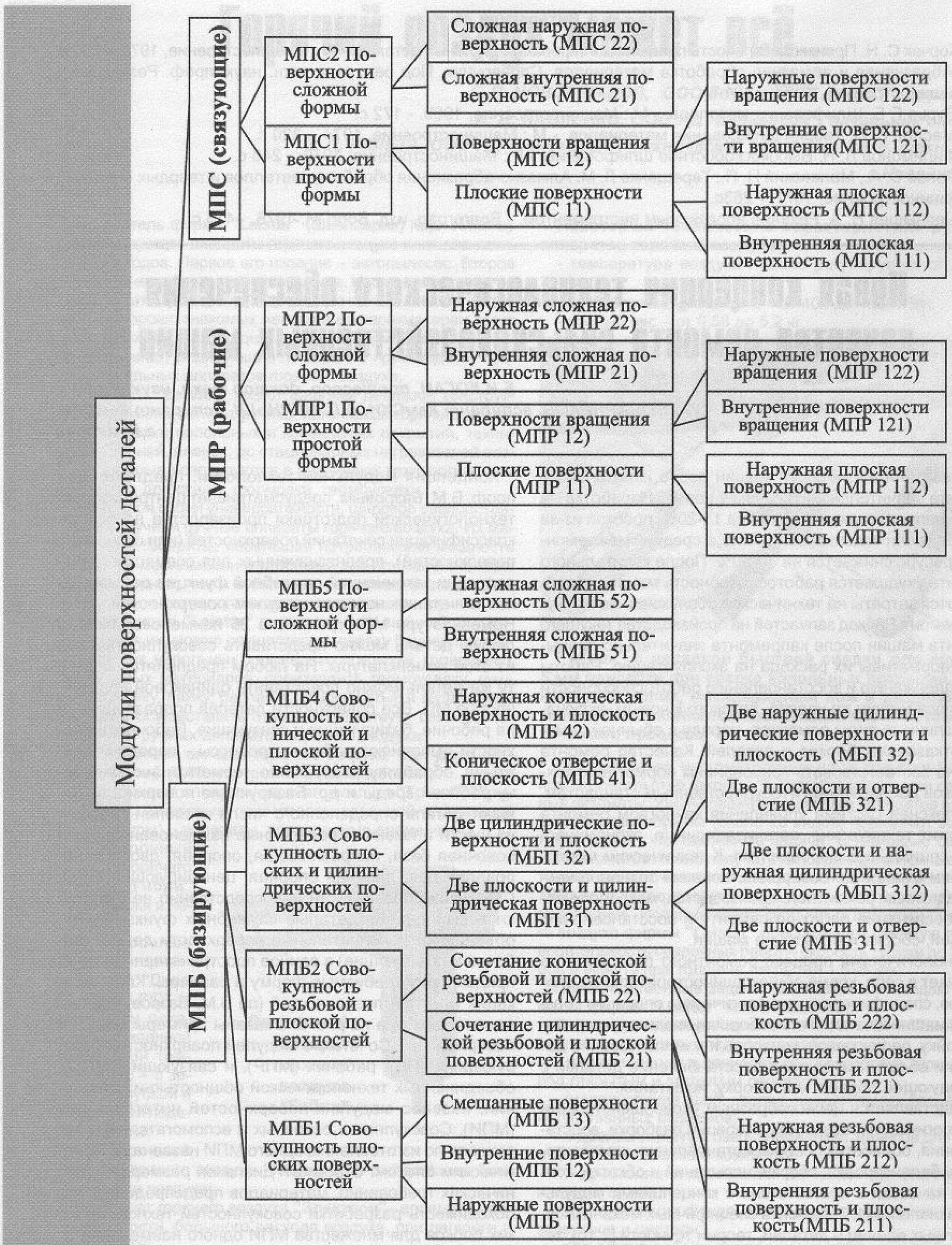


Рис. 1. Классификация модулей поверхностей

кой при проектировании операции. ТТБ включает метод обработки, последовательность технологических переходов и инструментальную наладку. Число рабочих ходов, режимы обработки, величины настроечных размеров устанавливаются для конкретных производственно-технических систем, заготовок, схем базирования заготовок или полуфабрикатов.

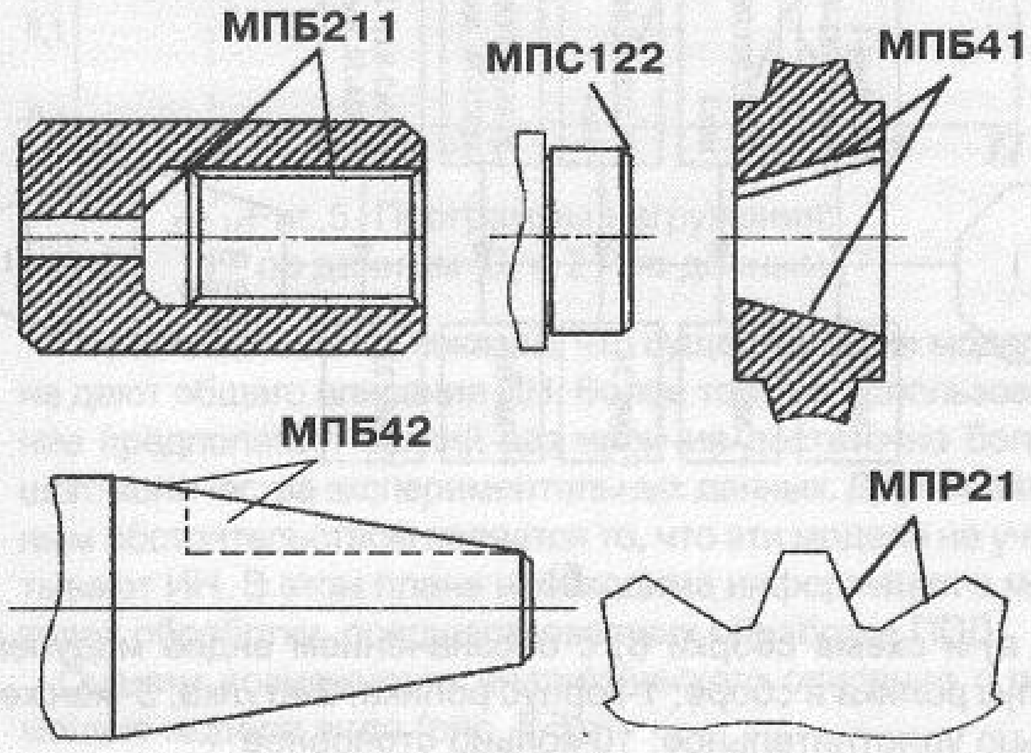


Рис. 2. Примеры модулей поверхностей

При сборке соединение деталей и сборочных единиц осуществляется совмещением их баз, которыми являются модули поверхностей базирующие (МПБ). Эти модули перечислены на рис. 1: Б11, Б12, Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б322, Б41, Б42, Б51, Б52. Все МПБ можно разбить на пары, которые совмещаются при соединении деталей и (или) сборочных единиц. Совмещенные пары МПБ названы модулями совмещения (МС). Из 14 МПБ можно составить 7 пар МС: (Б11/Б12)-МС1; (Б221/Б222)-МС22; (Б321/Б322)-МС32; (Б211/Б212)-МС21; (Б311/Б312)-МС31; (Б41/Б42)-МС4; (Б51/Б52)-МС5. При обратной последовательности совмещения добавляется штрих, например: (Б12/Б11)-МС1′. На рис. 3 даны примеры МС и образующих их МПБ. На рис. 4 а и б показана сборочная единица, ролик картофелеуборочного комбайна и схема сборки. В местах сопряжений указаны соответствующие МС.

Анализ многочисленных соединений деталей (сборочных единиц) разных изделий подтвердил, что комплекту основных баз присоединяемой детали всегда соответствует вполне определенный и единственный ответный ему комплект вспомогательных баз базовой детали в пределах семи наименований МС.

Отсюда следует, что если для каждого из семи наименований МС разработать их технологические процессы, то построение процесса сборки изделия можно рассматривать как его компоновку из этих частей технологического процесса, объединенных соответствующими вспомогательными переходами.

После разработки технологических блоков сборочных соединений (ТБС) необходимо каждый из них обеспечить оборудованием, оснасткой и оргтехникой. Следующим этапом является унификация МС, ТБС, модулей технологических средств для реализации ТБС, их классификация и создание банка данных.

Конструкция механизма должна обеспечивать требуемый закон относительного движения исполнительных поверхностей или их относительного положения и надежности. Для этого в конструкции предусмотрены (заложены) кинематические, размерные и временные связи. В период изготовления механизма решаются задачи достижения заданной точности обработки деталей, точности их относительного положения при сборке и технологического обеспечения надежности. В период эксплуатации механизма решаются задачи сохранения и восстановления его точности и надежности путем ремонта.

Большое теоретическое значение имеет разработанный проф. Б.М. Базровым метод построения модели процесса формирования геометрических погрешностей машин на основе теории базирования, размерных цепей, точности машин и ее оценки [2]. Очень важно создать модель эксплуатации механизма с идентификацией упругих и тепловых перемещений, вибраций, остаточных напряжений, закономерностей изнашивания и установить их влияние на функциональные параметры размерных и кинематических цепей. Попытки решить эту задачу сделаны Б.М. Базровым (представление ма-

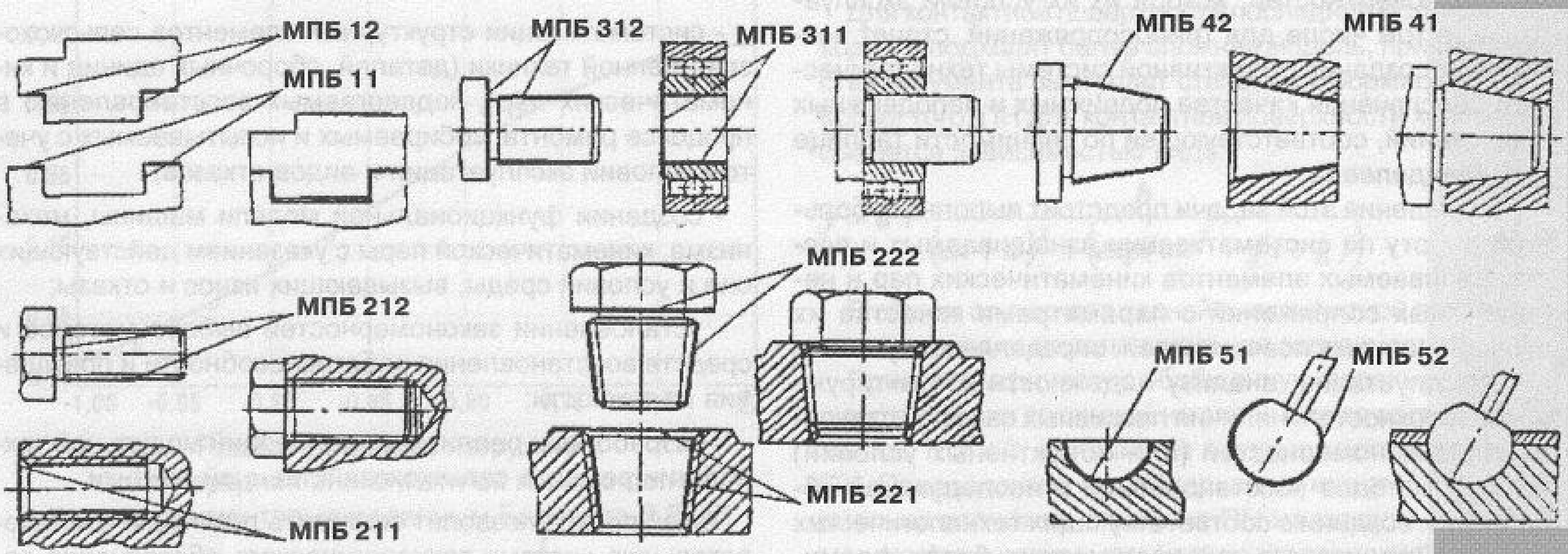
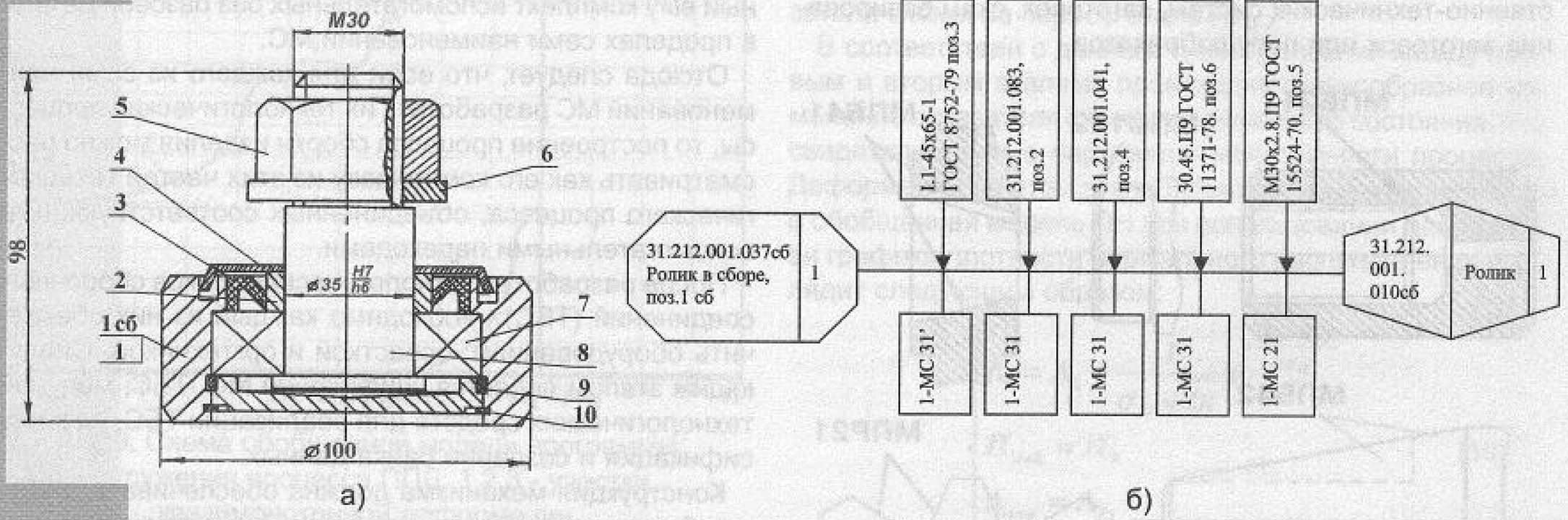


Рис. 3. Примеры модулей совмещения и модулей поверхности базирующих

шины в виде совокупности координатных систем с наложенными на них связями [2]) и П.А. Дружинским (механические цепи с учетом, в качестве составляющих звеньев, массы, момента инерции, сопротивления, упругости, силы,скорости [6, 7].



а) б)

Рис. 4. Ролик полка проходческого комплекта в сборе а) и схема сборки б) с обозначением видов модулей соединений (МС 31′-один; МС 31-три; МС 21-один) 1сб-корпус ролика в сборе; 1-корпус ролика; 2-втулка; 3-манжета; 4-крышка; 5-гайка; 6-шайба; 7-подшипник; 8-ось; 9-кольцо уплотнительное; 10-кольцо стопорное

Величины зазоров, мертвых ходов, натягов, степень соответствия реального профиля поверхности, траектории взаимодействия сопрягаемых элементов кинематических пар теоретическим значениям, наряду с качеством сопрягаемых поверхностей, определяют надежность механизмов (интенсивность их износа) при эксплуатации и эффективность методов восстановления при ремонте.

Если классификатор кинематических пар, предложенный проф. Л.Т. Дворниковым и Э.Я. Живаго [5], дополнить классификатором уравнений взаимодействия геометрических элементов кинематических пар (поверхность-поверхность; поверхность-линия; поверхность-точка; линия-линия; линия-точка; точка-точка), а классификатор соединений деталей, предложенный А.С. Храбровым и Н.А. Балаболиным [9], дополнить классификатором качественных характеристик сопрягаемых поверхностей, исходя из их условий эксплуатации, в том числе для трибосопряжений, станет возможным создание объективной системы технологического обеспечения качества подвижных и неподвижных сопряжений, соответствующей по значимости таблице Д.И. Менделеева.

Для решения этой задачи предстоит выполнить большую работу по систематизации изнашиваемых и восстанавливаемых элементов кинематических пар и неподвижных сопряжений с параметрами качества их функциональных поверхностей, определяемых условиями эксплуатации, анализу надежности контактирующих поверхностей, наличия пассивных связей, установлению закономерностей (или объективных условий) выбора методов восстановления и последующей обработки и созданию соответствующих технологических блоков. Для каждого технологического блока формируется технологический модуль-совокупность специального технологического оборудования, оснастки и оргтехники и образуется банк идентифицированных модулей.

Сборка деталей после ремонта выполняется в соответствии с концепциями модульной технологии с целью обеспечения требуемой точности и соблюдения технических условий. Разрабатываются типовые технологические блоки и модули, обеспечивающие качество сборки подвижных и неподвижных соединений, резьбовых, зубчатых, шпоночных и шлицевых, с натягом, а также для обкатки и испытаний агрегатов и машин после ремонта.

Выводы:

Сущность предлагаемого подхода к решению задачи технологического обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники заключается в:

- систематизации структурных элементов сельскохозяйственной техники (деталей, сборочных единиц и кинематических пар), подвергаемых восстановлению в процессе ремонта, собираемых и испытываемых с учетом условий эксплуатации и видов отказов;

- создании функциональной модели машины, механизма, кинематической пары с указанием действующих сил и условий среды, вызывающих износ и отказы;

- установлении закономерностей выбора методов и средств восстановления работоспособности и повышения надежности;

- разработке и реализации концепций модульной технологии ремонта сельскохозяйственной техники.

Такой подход позволит оформить логически последовательную систему технологического обеспечения качества ремонта и его оценки.

Литература.

1. Базров Б.М. Модульный принцип в построении сборочного производства. // Вестник машиностроения, 1997,- №1,- С. 30-33.
2. Базров Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ. - М.: Машиностроение, 1984. -256 с.
3. Базров Б.М. Организация проектирования модульных технологических процессов изготовления деталей. // Вестник машиностроения, 1995,- №5,- С. 23-28.
4. Бруевич Н.Г., Провоторова Е.А., Сергеев В.И. Основы теории точности механизмов. - М.: Наука, 1988. - 238 с.
5. Дворников Л.Т., Живаго Э.Я. Основы теории кинематических пар. - Новокузнецк, СибГИУ, 1999. -102 с.
6. Дружинский П.А. Механические цепи. - Л.: Машиностроение, 1997. - 238 с.
7. Коган Б.И. Новая концепция классификации структурных элементов горной техники и анализ функциональных размерно-механических цепей. // Вестник КузГТУ, 1998,- №1,- С. 48-53.
8. Коган Б.И. Технологическое обеспечение качества производства горных машин и инструментов. - Кемерово.: Кузбассвузиздат, 1996. -258 с.
9. Научные основы автоматизации сборки машин. Под ред. проф. М.П. Новикова. - М.: Машиностроение, 1976. -472 с.
10. Ремонт машин / Под. ред. Тельнова Н.Ф. - М.: Агропромиздат, 1992.- 560 с.

Червячная фреза с одинаковым радиусом закругления вершин зубьев

Н.Я. СМОЛЬНИКОВ, профессор, доктор техн. наук, В. А. ЕФИМЕНКО, доцент, канд. техн. наук, Н. В. ОЛЬШТЫНСКИЙ, ст. преподаватель, канд. техн. наук, ВолгГТУ, г.Волгоград

Производство зубчатых колес является одним из самых трудоемких и дорогостоящих производств.

Стоимость нарезания зубьев составляет 50-60% общей стоимости механической обработки всего колеса, что объясняется низкими режимами резания.

В результате низкой производительности используется большой парк станков, значительные производственные площади, много рабочих, расходуется большое количество дорогостоящих зуборезных фрез. Низкая производительность обуславливается несовершенством схемы резания червячными зуборезными фрезами (ГОСТ-9324-80). Каждый зуб, прорезающий впадину колеса, работает двумя или тремя лезвиями, срезая Г- или П-образный слой с переменной по контуру толщиной. Таким образом, слои, срезаемые смежными режущими кромками (периферийной и двумя боковыми) на более нагруженных зубьях, взаимодействуют между собой, оказывая существенное влияние на износ фрезы.

Известны дисковые, модульные и червячные зуборезные фрезы, имеющие стандартный профиль режущих зубьев. Однако эти фрезы имеют низкую стойкость из-за несовершенства схемы резания, что приводит к интенсивному износу задних боковых поверхностей зубьев на участках, примыкающих к периферийной режущей кромке [1]. Для повышения стойкости созданы конструкции дисковых, модульных и червячных зуборезных фрез с измененными схемами резания (а. с. 192602, 30052721, 167118 и другие). Однако, несмотря на высокую стойкость, при работе этими фрезами увеличивается шероховатость поверхностей галтелей впадины зубьев нарезаемого колеса. Это происходит из-за уменьшения количества профилирующих резов и различных модификаций профиля режущих зубьев, чередующегося по витку или окружности через один.

Известна червячная фреза для обработки зубчатых колес (а. с. 500924), у которой зубья, уменьшенные по толщине и заниженные по высоте с общим участком профиля, чередуются через один по витку. У таких фрез теряется эффект от применения заужения зубьев, поскольку участок наиболее интенсивного износа лежит вблизи сопряжения периферийных и боковых режущих кромок. В этих местах ухудшается качество профилируемых активных участков зубчатых колес из-за снижения количества резов боковыми режущими кромками, а также происходит соприкосновение сходящих потоков срезаемых слоев и возникают дополнительные касательные напряжения. Все это приводит к увеличению шероховатости поверхностей галтелей.

Разработана конструкция фрезы [2], у которой центры радиусов сопряжения находятся в одной точке, что обеспечивает одновременное затылование сопряженных участков зауженных и заниженных зубьев. Поскольку боковые кромки заниженных зубьев через общий участок профиля продолжаются периферийными режущими кромками зауженных зубьев и в совокупности образуют стандартный профиль, то галтели профилирующих зубьев хорошо сопрягаются с эвольвентными участками профиля профилируемых зубьев, что уменьшает шероховатость их поверхности.

Сущность разработанной конструкции фрезы поясняется рис.1 и рис.2, где изображены совмещенные профили соседних по витку зубьев в плоскости передней поверхности зубьев фрезы.

Фреза для обработки зубчатых колес имеет зубья 1,

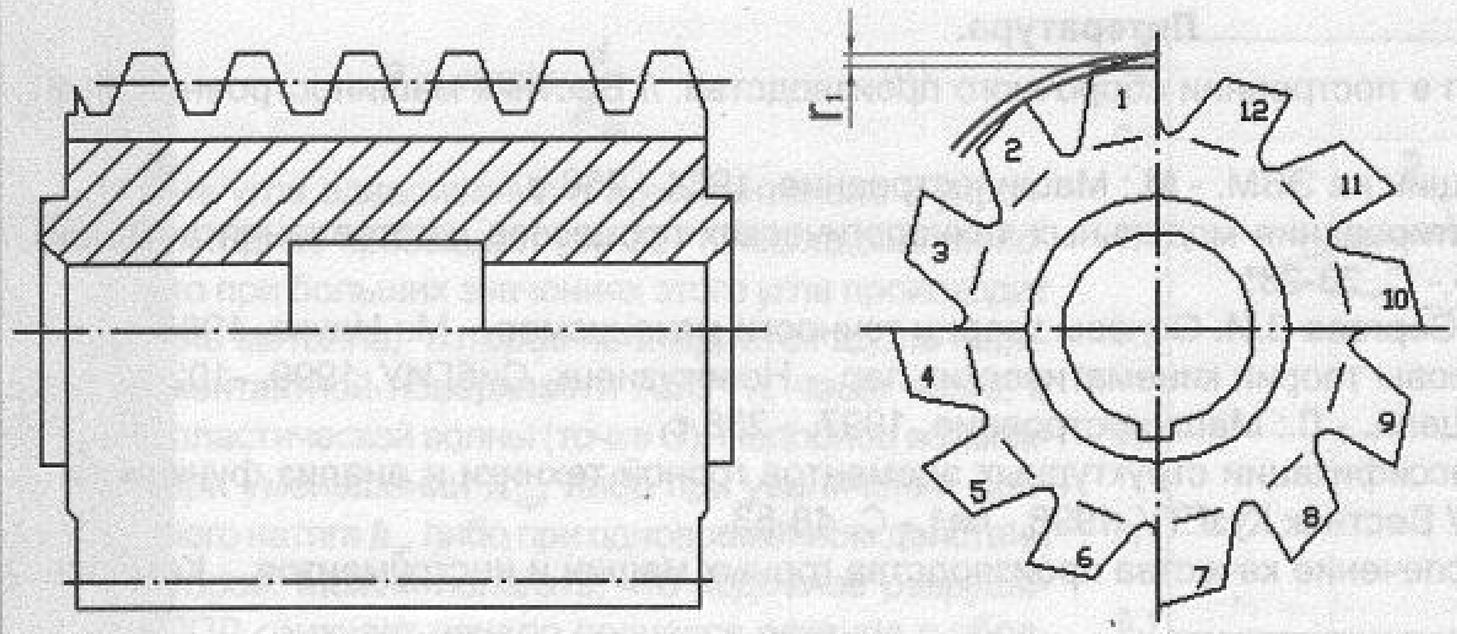


Рис.1. Конструкция червячной фрезы

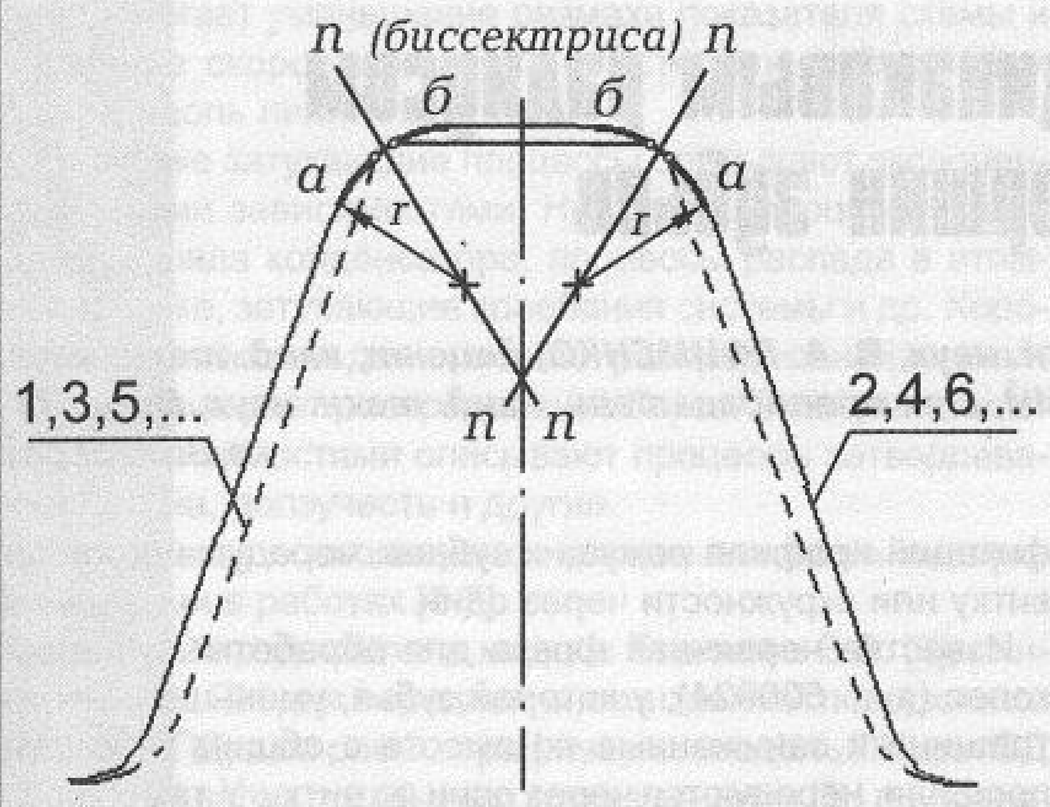


Рис.2. Профиль зубьев червячной фрезы

уменьшенные по толщине, чередующиеся через один с режущими зубьями 2, заниженными по высоте. Радиусы скривления соседних по витку зубьев 1 и 2 сопряжены с периферийной кромкой уменьшенного по толщине зуба 1 и боковыми режущими кромками заниженного по высоте зуба 2, причем центры радиусов закругления соседних зубьев 1, 2 лежат на биссектрисе угла, образованного режущими кромками, принадлежащими соседним по витку зубьям, совпадают и образуют общие участки профиля.

Фреза работает следующим образом: в процессе фрезерования в зону резания входит зуб 1, уменьшенный по толщине и поэтому работающий только периферийной режущей кромкой а-а, при этом в работе участвует только часть участков, поскольку эти участки принадлежат обоим режущим зубьям и скруглены общим радиусом с центром на биссектрисе угла, образованного их режущими кромками. Следующим в зону резания входит заниженный по высоте зуб 2, который работает боковыми режущими кромками и частью участков а-б.

Таким образом, сложные срезаемые слои разделяются на элементарные, чем достигается повышенная стойкость фрезы. Галтели профилируемых впадин обрабатываемых зубчатых колес имеют гладкие, без остаточных гребешков поверхности, поскольку формируются режущими кромками, сопряженными между собой кривыми а-б.

Засчет сопряжения радиусных и прямолинейных участков зубьев, в разработанной фрезе упрощается изготовление последних, так как затылование производится на всех зубьях в один переход. Качество обрабатываемых зубчатых колес, получаемых предполагаемой фрезой, выше в следствии уменьшения шероховатости поверхностей галтелей зубьев, профилируемых модифицируемыми зубьями, имеющими общий участок профиля.

Проведенные лабораторные и производственные испытания червячных фрез показали, что стойкость их выше стандартных в 2-2,4 раза (рис. 3).

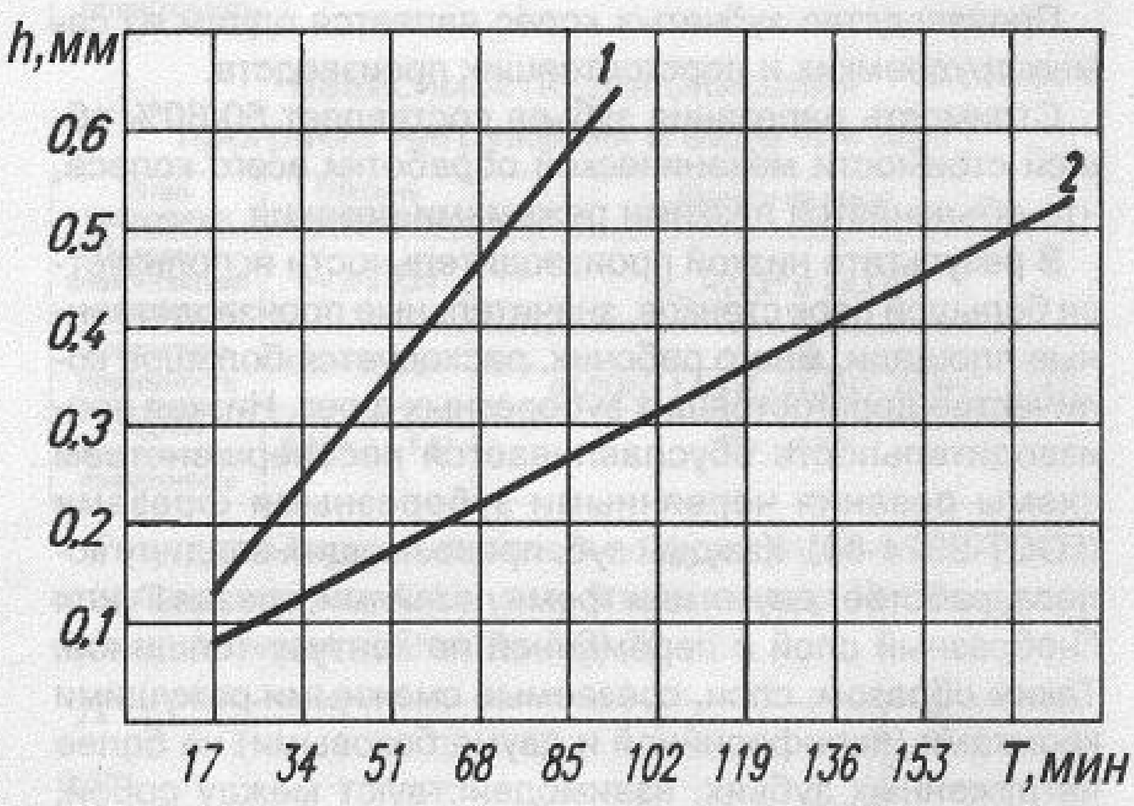


Рис. 3. Сравнительная стойкость стандартной и разработанной фрез:
1- стандартная фреза; 2 - разработанная фреза

Литература.

1. Медведицков С. Н. Высокопроизводительное нарезание фрезами, -М.: Машиностроение, 1981.-104 с.

2. Патент на изобретение Р.Ф. N 2131796. Смольников Н. Я., Сахаров А. З., Маринченко К. Е., 20.06.1999.

Серия HARMONY – в новое столетие с новыми возможностями!

Режущий инструмент с маркой южнокорейской компании «Korloy» все увереннее расширяет свое присутствие на российском рынке. Этот успех объясняется, с одной стороны, находящимся вне конкуренции соотношением «цена - качество», с другой, постоянным обновлением и совершенствованием выпускаемой продукции. К числу последних новинок производственной программы «Korloy», заслуживающих особого внимания, относится новая гамма СМП для точения с геометриями передней поверхности серии Harmony (Гармония). В соответствии с названием серии, геометрии для конкретных видов обработки имеют обозначения, начинающиеся с буквы H.

В настоящее время в серию H входят шесть основных геометрий, обеспечивающих эффективное резание и устойчивое стружкодробление в диапазоне обработки от финишной до легкой черновой (Рис.1, Табл.1). В 2001 году серия будет дополнена геометриями HR, HRP для черновой обработки.

Основными отличительными особенностями и преимуществами геометрий серии H являются:

- *Позитивная геометрия в зоне резания, снижающая усилия резания;*
- *Наличие основного и дополнительных стружколомов, обеспечивающих устойчивое стружкодробление в широком диапазоне глубин резания;*
- *Минимальная площадь контакта стружки с выступами стружколомов, благодаря чему уменьшается количество передаваемого в пластину тепла и повышается стойкость инструмента;*
- *Сход стружки в направлении от обработанной поверхности (обеспечиваемый конструктивно), позволяющий добиться общего снижения шероховатости и исключающий появление случайных рисок.*

Прогрессивные геометрии серии H в сочетании с современными инструментальными материалами и износостойкими покрытиями (Табл. 2) позволяют «Korloy» создать и предложить потребителю СМП, обеспечивающие оптимальное решение проблем металлообработки.

Рис.1. Основные геометрии серии H, области устойчивого стружкодробления.

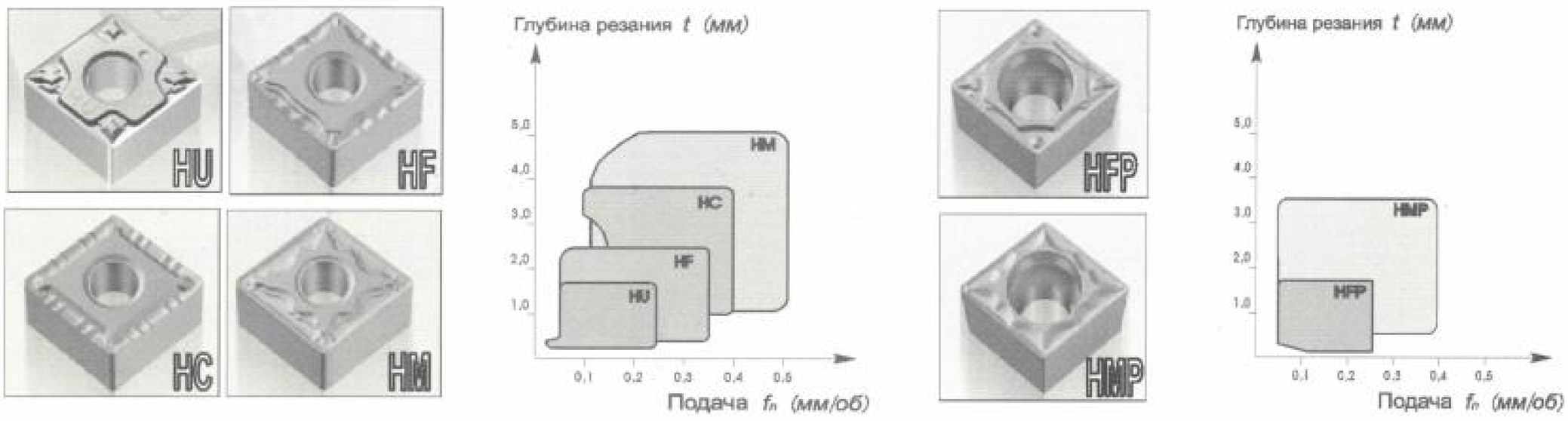


Таблица 1. Рекомендации по выбору геометрий и режимов обработки для различных материалов.

Тип пластины	Обозначение геометрии	Вид обработки	Режимы резания		Обрабатываемые материалы		
			Глубина резания, t мм	Подача, f_n мм/об	Сталь	Нерж. сталь	Чугун
Негативная (без задних углов)	HU	Отделочная	0,1 ~ 1,5	0,03 ~ 0,25	*		
	HF	Чистовая	0,3 ~ 2,5	0,05 ~ 0,35	*	*	
	HC	Получистовая	0,8 ~ 4,0	0,08 ~ 0,40	*	*	
	HM	Общее резание	1,0 ~ 5,0	0,10 ~ 0,50	*	*	*
Позитивная	HFP	Чистовая	0,1 ~ 1,5	0,05 ~ 0,25	*	*	*
	HMP	Получистовая	0,5 ~ 3,5	0,05 ~ 0,40	*	*	*

Таблица 2. Рекомендации по выбору инструментальных материалов.

Обрабатываемый материал		Рекомендуемые марки инструментальных материалов					
ISO	Вид материала	Марка сплава	Износостойкость ◄ ► Вязкость				
			01	10	20	30	40
P	Углеродистая сталь Стальное литье	Твердый сплав с покрытием	NC310		NC320		NC330
		Кермет	CT10		CN200		
M	Нержавеющая сталь	Твердый сплав с покрытием	NC325S (NC320)			NC330 (PC230)	
K	Чугун	Твердый сплав с покрытием	NC305K		NC315K		

Примечания: *NC – твердый сплав с покрытием TiCN/TiC/Al_2O_3/TiN (CVD); PC– твердый сплав с покрытием TiAlN/TiN (PVD).*

Более подробную информацию Вы сможете получить, связавшись с официальным дистрибьютером «Korloy» - группой компаний «Росмарк» и ее региональными представителями.

Главный офис группы «РОСМАРК» :
193015, Россия, Санкт-Петербург,
Кавалергардская ул., 6
☎ 327-39-40, 271-56-52, 327-39-39
Факс: 275-26-70, 271-81-64

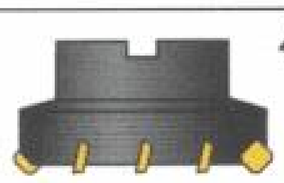
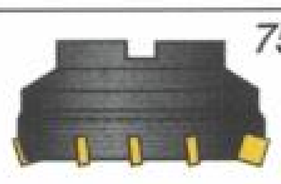
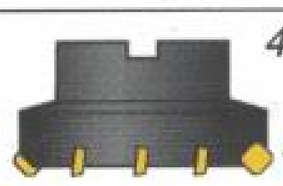
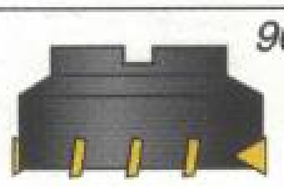
Региональные представители:
Москва ☎ (095) 366-96-56 Факс: (095) 737-63-85
Ярославль ☎ (0852) 21-77-73 Факс: (0852) 73-96-67
Ростов-на-Дону ☎ (8632) 34-59-29 Факс: (8632) 32-37-81
Снежинск ☎ (35172) 3-42-65 Факс: 35172) 3-42-65

В настоящем номере мы продолжаем знакомить технических специалистов в области обработки металлов резанием с новым каталогом **"СМЕННЫЕ ПЛАСТИНЫ И ИНСТРУМЕНТ САНДВИК-МКТС"**.

Этот каталог впервые составлен в полном соответствии с общей концепцией **КОРОМАНТ** по содержанию и оформлению. В каталог включены неперетачиваемые пластины только из твердых сплавов нового поколения, которые изготавливаются по новейшей технологии, значительно повышающей режущие свойства твердых сплавов и их стабильность. Существенно расширена номенклатура корпусов инструмента –резцов и фрез, а также включены комплектующие, которые могут быть поставлены как запасные части. В каталоге введено понятие ПЕРВЫЙ ВЫБОР, которое помогает заказчику при первой закупке.

В таблице показано, что представляет собой ПЕРВЫЙ ВЫБОР для фрезерования. В зависимости от вида фрезерования предлагаются различные типы фрез и режущие пластины для трех групп обрабатываемых материалов – сталей, нержавеющих сталей и чугунов, как это принято по **ISO**.

ПЕРВЫЙ ВЫБОР. Фрезерование — Таблица

Обозначение корпуса фрезы		 45° R260.22	 75° R285.1	 45° R285.2	 90° R282.2
Диапазон диаметров, мм		50…200	80…100	80…250	80…200
Назначение		Высокопроизводительная обработка плоскостей			Обработка плоскостей, прямоугольных уступов и пазов
Группа материалов по ISO	Условия резания	Рекомендуемые пластины			
P	○	SEKN 1204AZTN CM25	-	SPKN 1203EDR CM25	TPKN 1603PDR CM25
	◐	SEKN 1204AZTN CM25	-	SPKR 1203EDR-BT CM25	TPKN 1603PDR CM25
	●	SEKN 1204AZTN CU45	-	SPKR 1203EDR-BT CU45	TPKN 1603PDR CU45
M	○	SEKN 1204AZTN CU45	-	SPKR 1203EDR CU45	TPKN 1603PDR CU45
	◐	SEKN 1204AZTN CU45	-	SPKR 1203EDR-BT CU45	TPKN 1603PDR CU45
	●	SEKN 1204AZTN CU45	-	SPKR 1203EDR-BT CU45	TPKN 1603PDR CU45
M-S	○	SEKN 1204AZFN TK25	-	-	TPKN 1603PDR TK25
	◐	SEKN 1204AZFN TK25	-	-	TPKN 1603PDR TK25
	●	SEKN 1204AZFN TK25	-	-	TPKN 1603PDR TK25
K	○	SEKN 1204AZEN CM25	SNKN 1204ENN CA20	SPKN 1203EDR CA20	TPKN 1603PDR CA20
	◐	SEKN 1204AZEN CM25	SNKN 1204ENN CA20	SPKN 1203EDR CA20	TPKN 1603PDR CA20
	●	SEKN 1204AZEN CU45	SNKN 1204ENN CA20	SPKN 1203EDR CA20	TPKN 1603PDR CA20
K-AL	○	SEKN 1204AZFN TK25	-	-	TPKN 1603PDR TK25

Рекомендации даны для фрезерных операций общего назначения - для тяжелых (темный круг), средних (круг с темной половиной) и хороших (светлый круг) условий обработки. В кодах режущих пластин, которые приведены в таблице, последние 4 знака (две буквы и две цифры) обозначают марку твердого сплава нового поколения.

В соответствующих таблицах каталога рекомендуемые как ПЕРВЫЙ ВЫБОР марки твердых сплавов отмечены затемненными звездочками, они могут быть заказаны в любом количестве и практически всегда имеются на складе готовой продукции.

Получить новый каталог и квалифицированную консультацию Вы можете, как в главном офисе САНДВИК-МКТС в Москве, так и в региональных представительствах по всей России, а также в Белоруссии и на Украине.

Главный офис САНДВИК - МКТС

127018 Москва, ул. Полковая, 13, «ОАО САНДВИК-МКТС»

Приемная тел. (095) 956-50-80

Консультанты тел. (095) 289-25-90 факс (095) 289-81-15

Учебный Центр тел. (095) 289-83-26 факс (095) 289-83-43

Отдел продаж режущего инструмента тел. (095) 289-64-33 факс (095) 289-81-15

«Твердые материалы» тел. (095) 289-74-66 факс (095) 289-21-74

НОВОЕ В ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ.

Два новых подсемейства пластин с задними углами и инструмент для них - **CoroTurn 107** и **CoroTurn 111** (см. рис.1) - это первый шаг в создании большого семейства **CoroTurn**, которое будет охватывать большинство высокопроизводительного токарного инструмента общего назначения. CoroTurn в названии подсемейства означает инструмент и пластины Коромант для токарной обработки, цифра 1 - первое поколение пластин, "07" – задний угол 7°, "11" – задний угол 11°.

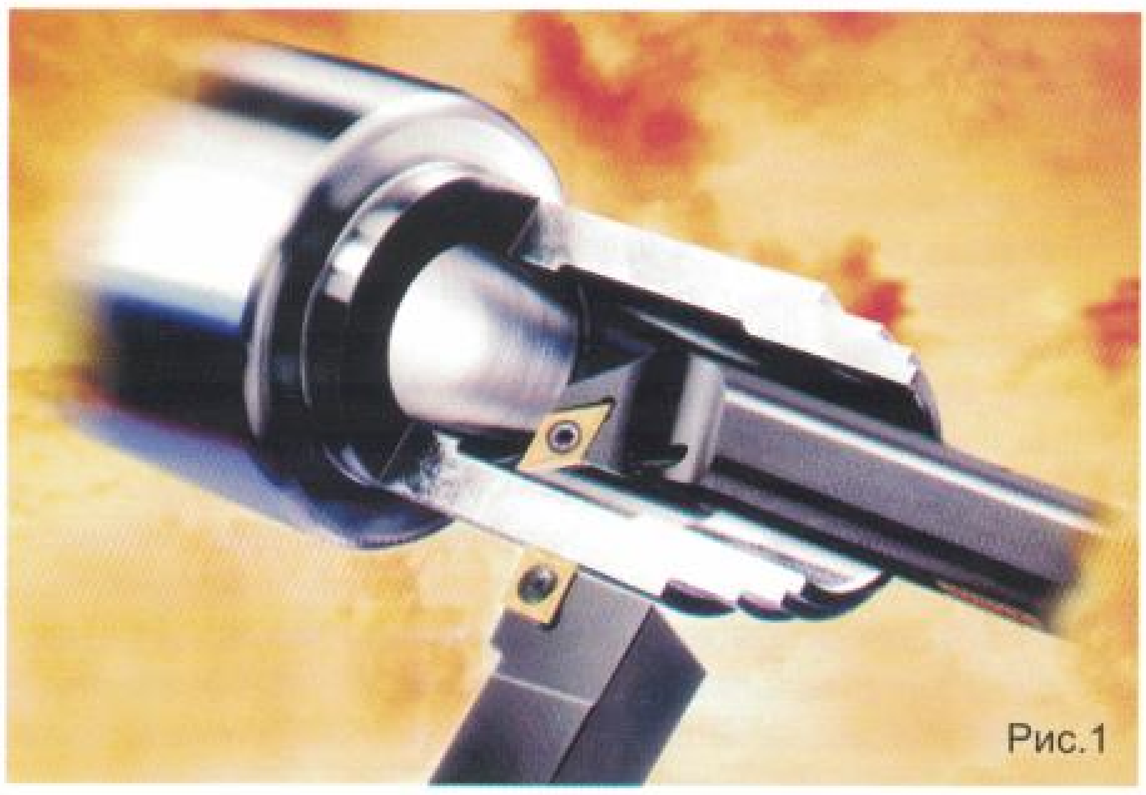


Рис.1

CoroTurn 107 рекомендуется для наружной обработки деталей небольших диаметров, а также длинных и нежестких деталей, для растачивания отверстий малых и средних диаметров (от 16 до 75мм) и в случаях увеличенных вылетов инструмента.

Пластины соответствуют стандартам **ISO**. Задние углы и геометрии передней поверхности, специлизированные для основных групп материалов (стали, нержавеющей стали и чугуна) и видов обработки (чистовой, получистовой и черновой) снижают силы резания, обеспечивают низкую склонность к возникновению вибраций и хорошую чистоту обработанной поверхности.

CoroTurn 111 включает новые пластины с задним углом 11°, закрепляемые винтом, расточной инструмент, разрезные втулки для его крепления и наконечники для внутреннего подвода **СОЖ**. Инструмент **CoroTurn 111** предназначается для растачивания отверстий малых диаметров (от 7 до 32 мм) и при больших вылетах инструмента.

Пластины с задним углом 11° выпускаются в форме ромба с углом при вершине 80° (**CPMT**....) с длиной режущей кромки 6мм, в форме ромба с углом при вершине 55° (**DPMT**....) с длиной режущей кромки 7 и 11мм и трехгранника (**TPMT**.....) с длиной режущей кромки 6, 11 и 16мм, двух геометрий для чистовой **–PF** и получистовой **–PM** обработки.

Пластины изготавливаются из современных марок твердого сплава с покрытием **CVD** и **PVD**, а также из керметов, как с покрытием, так и без покрытия. Рекомендации по их применению для обработки различных материалов даны на рис.2.

Более подробную информацию о номенклатуре инструмента **CoroTurn**, особенностях различных марок твердых сплавов, рекомендуемых для режущих пластин с задними углами, Вы можете получить в главном или региональных представительствах **САНДВИК-МКТС** лично или по телефону. Там же можно заказать любой инструмент, производимый концерном **САНДВИК**, и получить квалифицированную консультацию по его эксплуатации.

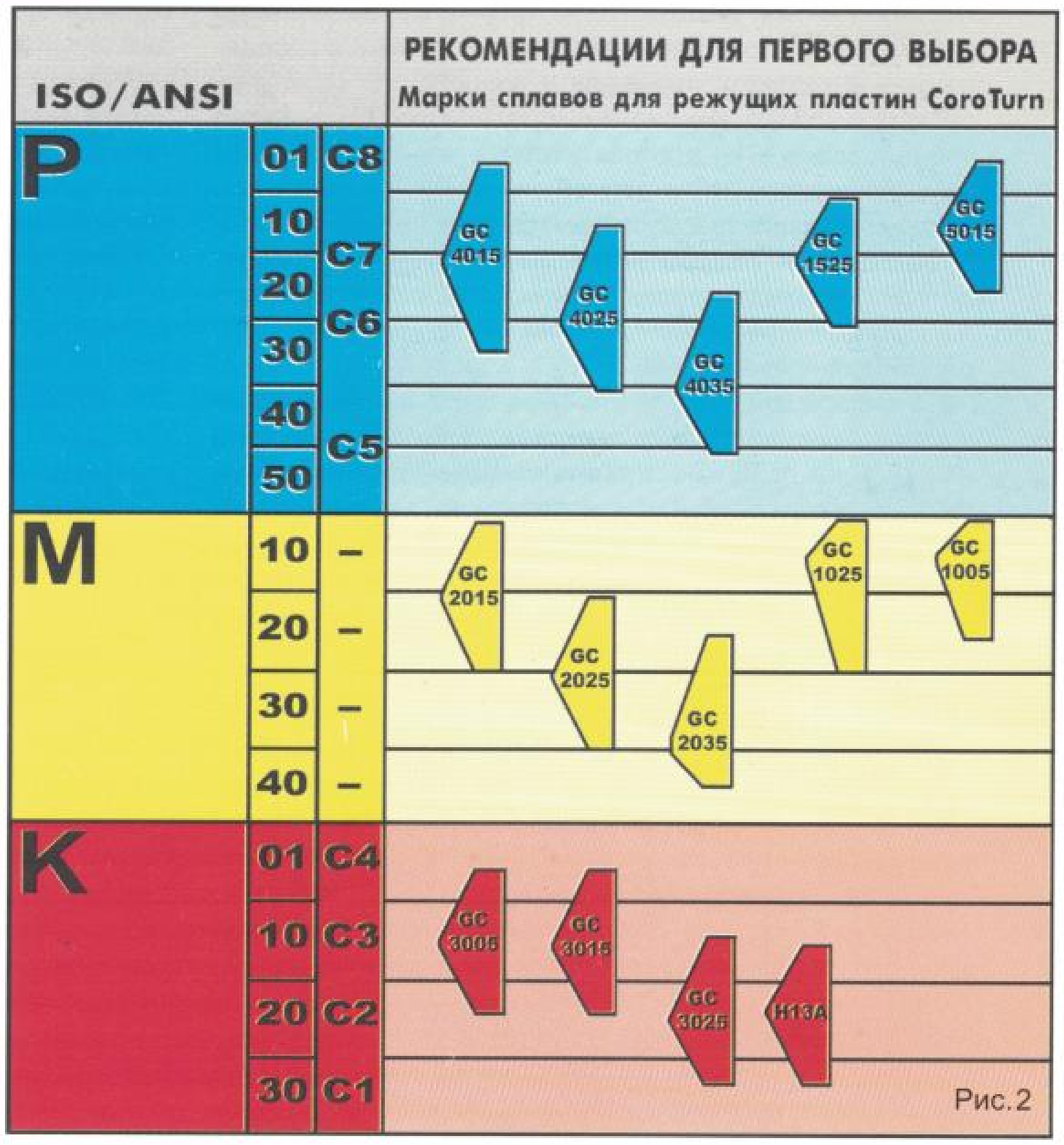


Рис.2

Мы всегда рады ответить на любые Ваши вопросы!

Региональные представительства САНДВИК - МКТС

С-Петербург	**тел. (812) 118-46-60**	**Новосибирск**	**тел. (3832) 20-13-82**	**Киев**	**тел. (044) 212-43-10**
Ростов-на-Дону	**тел. (8632) 34-85-66**	**Екатеринбург**	**тел. (3432) 70-41-47**	**Минск**	**тел. (10 375 17) 239-15-08**
Тольятти	**тел. (8469) 38-19-79**	**Н-Новгород**	**тел. (8312) 96-03-07**		

Механика технологического наследования. Описание программы нагружения очага деформации на стадии поверхностного пластического деформирования (ППД)

В.Ю. БЛЮМЕНШТЕЙН, доцент, канд. техн. наук, КузГТУ, г.Кемерово

Разработка автоматизированной системы проектирования технологии упрочняющей механической обработки предполагает учет, обобщение, систематизацию и структурирование информации о качестве изделия. Это означает описание всего комплекса требований к точности и качеству поверхностного слоя на протяжении жизненного цикла изделия. Качество формируется в поверхностном слое от заготовки к готовой детали и проявляется на стадии эксплуатации изделия. Иными словами, качество наследуется от предшествующей операции обработки (стадии жизненного цикла) к последующей и оказывает влияние на надежность и долговечность изделия.

Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки должно учитывать технологическое наследование, формулируемое в виде совокупности структурных моделей, описаний в определенных категориях, терминах и правилах. В свою очередь, при разработке системы правил технологического наследования (ТН) должны учитываться как механизм накопления свойств на данной операции, так и влияние предшествующих (накопленных) свойств на характер этого накопления. Разработка моделей ТН должна проводиться с использованием единых категорий и терминов и на основе единой методологии, не зависящей от стадии жизненного цикла [1-3].

В наибольшей мере указанным требованиям отвечают феноменологические представления о формировании свойств поверхностного слоя изделий в процессах механической обработки и эксплуатации в условиях приложения циклических нагрузок. Методологической основой разработки основных требований к системе обеспечения качества поверхностного слоя является система представлений о механике ТН. К числу основных концептуальных положений отнесены [4-5]:

1. Концепция механики ТН базируется на основных феноменологических положениях механики деформирования и разрушения.

2. Положения механики ТН рассматриваются на основе типовой структуры упрочняющего технологического процесса механической обработки, включающего резание, поверхностное пластические деформирование (ППД) и последующую эксплуатацию изделия в условиях приложения циклических нагрузок.

3. Положения механики ТН описываются в категориях и терминах механики деформирования и механики разрушения при использовании представлений о структурной и биологической наследственности.

4. Каждая операция механической обработки или эксплуатации выделяется как стадия нагружения; стадии нагружения выделяются по признакам завершенности программ нагружения (ПН) и описываются в категориях феноменологии накопления повреждений и разрушения в очаге деформации.

5. Стадии нагружения разбиваются на ряд этапов квазимонотонной деформации, которые определяют закономерности накопления и залечивания дефектов в поверхностном слое изделия.

6. ТН представляется как общая закономерность, когда накопление поврежденности на данном квазимонотонном этапе определяется ПН на этом этапе и историей нагружения (ИН) на предшествующих этапах и стадиях нагружения.

7. ПН представляет собой функцию степени деформации сдвига, накопленной вдоль линии тока в очаге пластической деформации, от показателя схемы напряженного состояния. В категориях механики ПН представляет собой зависимость $\Lambda = \Lambda(\Pi)$, которая описывает каждый квазимонотонный участок очага деформации (ОД).

8. ИН описывается в категориях ПН в предшествующие временные периоды. ИН представляет собой описание в виде $\Lambda = \Lambda(\Pi(t))$. ИН влияет на формирование программ нагружения на данной стадии, изменяя интенсивность накопления поврежденности.

Известно, что ОД представляет собой объем материала, находящийся в состоянии пластического течения в момент воздействия индентора (инструмента) на поверхностный слой изделия (рис.1). Контуры ОД при обработке поверхностным пластическим деформированием (ППД) описываются:

* Передней внеконтактной поверхностью ABC;
* Контактной поверхностью CDE;
* Задней внеконтактной поверхностью EF;
* Внутренним контуром FGA.

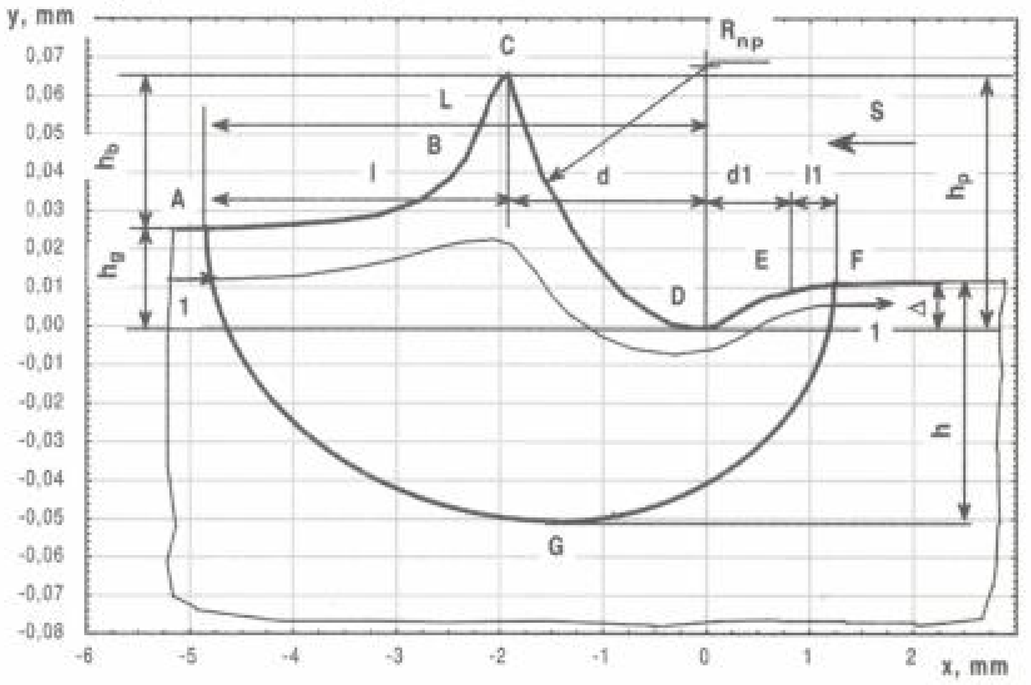


Рис.1. Схема очага деформации при обработке ППД

ОД может быть представлен в категориях ряда геометрических вертикальных и горизонтальных параметров. При нагружении поверхностного слоя материальные частицы перемещаются в ОД вдоль линий тока, представляющих собой семейство линий, касательные к которым

в каждой точке совпадают в данный момент времени с направлением вектора скорости (например, линия тока 1-1, рис.1). Пластическая деформация распространяется на глубину h, а смещение вдоль линий тока приводит к тому, что материальная частица накапливает пластическую деформацию и постепенно исчерпывает ресурс пластичности. В итоге формируется поверхностный слой с неравномерными по глубине степенью деформации сдвига Λ, показателем исчерпания ресурса пластичности Ψ и тензором остаточных напряжений $(T\sigma)_{ост}$.

Оценка накопления свойств в ОД производится в следующей последовательности.

1. Проводится описание ОД в категориях элементов режима обработки:

$$\begin{cases} h_0, h_e, h_p, \Delta = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...) \\ l, d, d_1, l_1, L = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...), \end{cases} \quad (1)$$

где h_0, h_e, h_p, Δ и l, d, d_1, l_1, L - геометрические высотные и осевые параметры ОД; P, S, n, R_{np}, HV - совокупность технологических факторов (сила, подача, частота, профильный радиус, твердость по Виккерсу и др.).

2. Проводится описание в категориях традиционных параметров качества поверхностного слоя, т.е. получение зависимостей параметров качества поверхностного слоя от элементов режима обработки:

$$\begin{cases} R_a = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...) \\ h = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...) \\ \delta = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ (T\sigma_{ij})_{ост} = f(P, S, n, R_{np}, HV, ...) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, \end{cases} \quad (2)$$

где $R_a, h, \delta, (T\sigma_{ij})_{ост}$ - единичные параметры качества поверхностного слоя (среднее арифметическое отклонение профиля, глубина и степень упрочнения, тензор остаточных напряжений и др.).

3. Выполняется описание типа "ОД-ОД" с целью уточнения координат характерных зон и точек очага деформации и "ОД - параметры качества" с учетом технологического наследования в зависимости от наследуемых свойств:

$$\begin{cases} l = f(h_0, h_e, h_p, d, ...) \\ d = f(h_0, h_e, h_p, ...) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ R_a = f(h_0, h_e, h_p, d, ...) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ l, d, ... = f(\Lambda, \Psi, ...) \end{cases} \quad (3)$$

Устойчивые и надежные описания в виде (1-3) получены для широкого круга материалов и режимов обработки резанием, ППД и усталостного нагружения.

4. Описание граничных и начальных условий решения задач механики ТН. К начальным условиям относят условия на контакте, значения напряжений на передней внеконтактной границе ОД, глубину упрочнения, распределение твердости в ОД и по глубине поверхностного слоя, свойства материала, в том числе, в виде кривой течения и диаграммы пластичности и другие.

5. Решаются задачи механики деформирования в наследственной постановке, определяются характеристики тензоров напряжений $T\sigma_{ij}$, деформаций $T\varepsilon_{ij}$, скоростей деформаций $T\xi_{ij}$, остаточных напряжений $(T\sigma_{ij})_{ост}$ вдоль линий тока и по глубине упрочненного поверхностного слоя.

6. Формируются квазимонотонные участки пластической деформации и ПН в виде $\Lambda = \Lambda(\Pi)$, где Π - показатель схемы напряженного состояния.

С позиций последующего рассмотрения формирования ОД с учетом ТН введем параметр, известный в механике как угол вдавливания:

$$\theta = arcsin\frac{d}{R_{np}} \qquad (4)$$

Значение угла вдавливания θ применительно к упрочняющему ППД не превышает (30-32)°. Исследования показали, что при больших значениях этого угла происходит разрушение металла, которое наблюдается вдоль передней внеконтактной поверхности АВС и, чаще всего, в вершине пластической волны (точке С). Подобное возможно либо при уменьшении R_{np}, либо при увеличении действительного натяга h_g, либо при одновременном действии этих факторов. Можно полагать, что подобное разрушение при ППД означает начало процесса резания с образованием микростружки в вершине волны.

Определим возможность аналитического описания ПН при ППД. Будем полагать, что влияние ТН проявляется в "затухающем" характере изменения ПН в ОД, который предполагает уменьшение размаха показателя схемы и снижение скорости накопления степени деформации сдвига вдоль линий тока.

В физике затухающие процессы описывают экспоненциальными зависимостями. Например, процессы заряда и разряда конденсатора, процессы распада в атомной физике, затухающие колебания системы и др. Хорошие приближения для описания распределений случайных величин дает распределение Гауса. Экспоненциальными зависимостями описывают процессы затвердевания бетона, ползучесть и другие.

Для начала воспользуемся исходными данными, приведенными в работах [6-7].

На рис.2 представлена модель Баринова В.В. [6], описывающая ПН для передней внеконтактной поверхности ОД при ППД, а на рис.3 - графическая модель ПН для ОД в целом. Анализ показывает, что изменение ПН при переходе из одной квазимонотонной зоны ОД в другую происходит почти мгновенно (участки 1-2 и 2-3, рис.3).

Согласно статьи [7] для описания ПН в виде $\Pi = \Pi(\Lambda)$ могут быть приняты формулы, представленные в табл. 1.

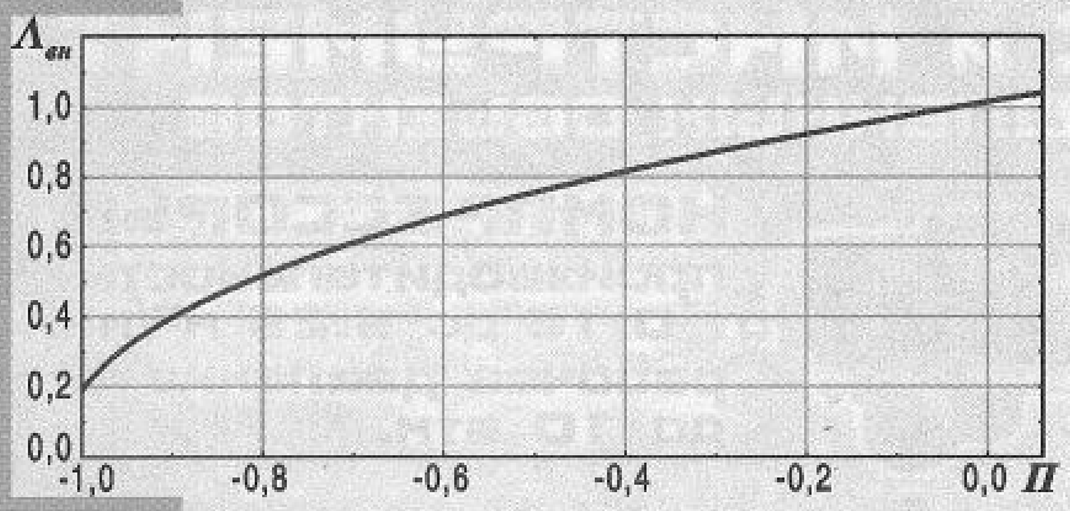


Рис.2. Программа нагружения для передней внеконтактной поверхности для стали 45 и сплава АК 6 по результатам Баринова В.В [6]: модель $\Lambda_{вн} = (\Pi + 1)^{0,44}$

После преобразований и замены автором настоящей статьи были получены выражения, описывающие ПН в виде $\Lambda = \Lambda(\Pi)$ (табл.2).

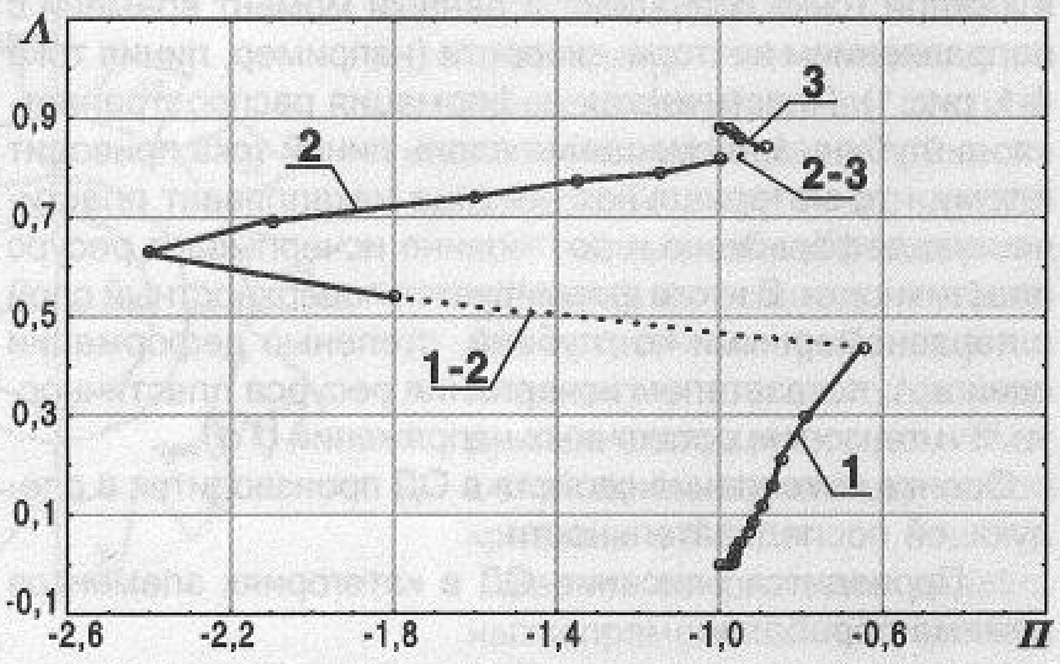


Рис.3. Программы нагружения для очага деформации по результатам Баринова В.В [6]: 1, 2, 3 - соответственно для передней внеконтактной, контактной и задней и внеконтактной поверхностей

Таблица 1

Зависимости для описания программ нагружения в виде $\Pi = \Pi(\Lambda)$

Этап нагружения	Степень деформации сдвига	Модель на этапе
Передняя внеконтактная поверхность	$0 < \Lambda \le 0,29$	$\Pi = 1,147\Lambda^{1,25} - 0,577$
Контактная поверхность	$0,29 < \Lambda \le 0,52$	$\Pi = (365\Lambda - 57,7)(1,73\Lambda - 0,75)^3 - 1,15$
Задняя внеконтактная поверхность	$0,52 < \Lambda \le 0,61$	$\Pi = -0,577$

Таблица 2

Зависимости для описания программ нагружения в виде $\Lambda = \Lambda(\Pi)$

Этап нагружения	Степень деформации	Модель на этапе
Передняя внеконтактная поверхность	$0 < \Lambda \le 0,29$	$\Lambda_{вн} = (0,87\Pi + 0,5)^{0,8}$
Контактная поверхность	$0,29 < \Lambda \le 0,52$	$\Lambda = \frac{1}{\Pi(\Pi(\Pi(-3,056\Pi - 12,415) - 16,507) - 9,232)}$
Задняя внеконтактная поверхность	$0,52 < \Lambda \le 0,61$	$\Pi = -0,577$

Результаты моделирования по формулам табл. 2 представлены на рис. 4. На рис. 5 совмещены ПН, полученные по данным публикаций [6-7].

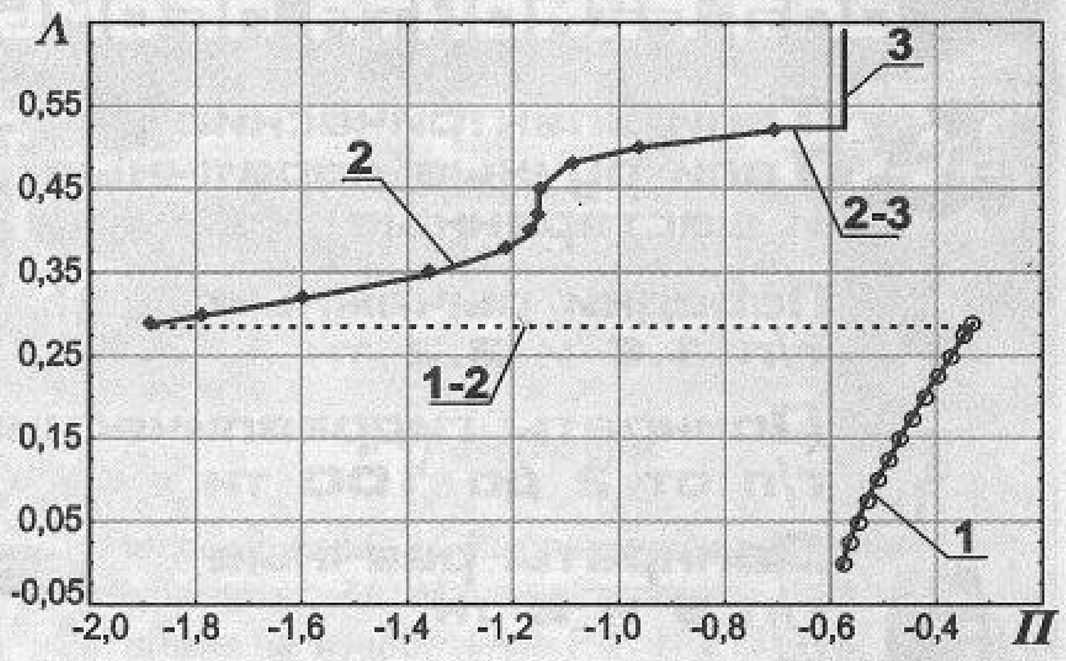


Рис.4. Программы нагружения для очага деформации по результатам статьи [7]: 1, 2, 3 - соответственно для передней внеконтактной, контактной и задней внеконтактной поверхностей

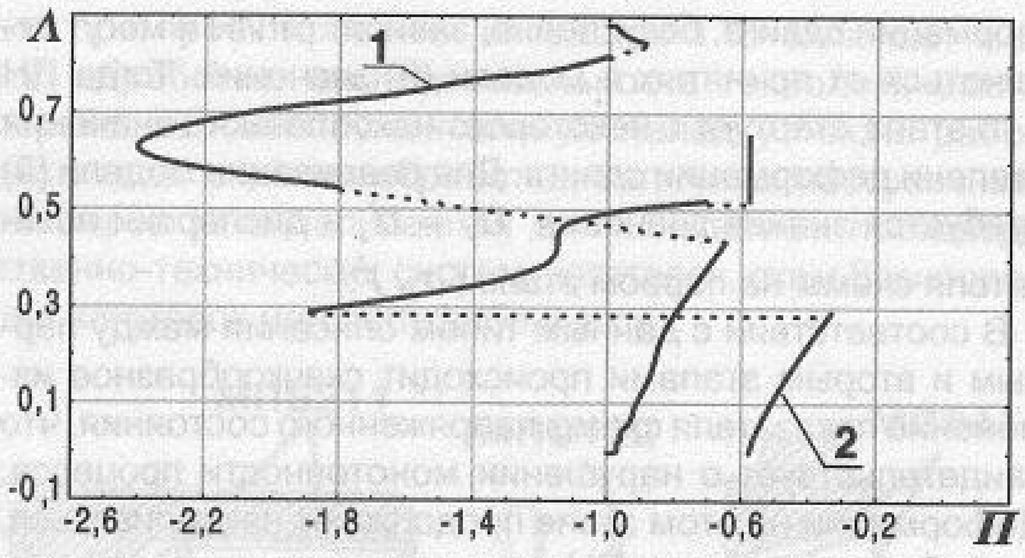


Рис.5. Программы нагружения:
1 - по данным [6] и 2 - по данным [7]

Первичный анализ показал, что существующие модели не дают общего описания ПН. Более того, их использование предполагает всякий раз наличие достаточно большого количества экспериментальных данных. Другим важным обстоятельством является то, что эти модели не учитывают ИН. В этом плане необходима информация о методах обработки, предшествовавших обработке ППД.

Оценим возможность аналитического описания с помощью модели вида (рис. 6-8):

$$y = a + \frac{1}{exp(bx^2 + cx + d)} \qquad (5)$$

Анализ формулы по рис.3 позволил получить достаточно простое выражение ПН для передней внеконтактной поверхности:

$$\Lambda = -0{,}117 + \frac{1}{exp(13{,}68\Pi^2 + 17{,}75\Pi + 6{,}35)} =$$

$$= -0{,}117 + \frac{1}{exp\left[13{,}68\left(\Pi^2 + 1{,}298\Pi + 0{,}464\right)\right]} =$$

$$-0{,}117 + \frac{1}{exp\left[13{,}68(\Pi + 0{,}68)^2\right]} = -0{,}117 + e^{-13{,}68(\Pi + 0{,}68)^2}$$

или

$$\Lambda = -0{,}117 + exp\left(-13{,}68(\Pi + 0{,}68)^2\right) \qquad 6)$$

Выражение (6) является важным, т.к. позволяет в зависимости от характера накопления деформаций воспроизвести нарастающий или затухающий вид этого накопления.

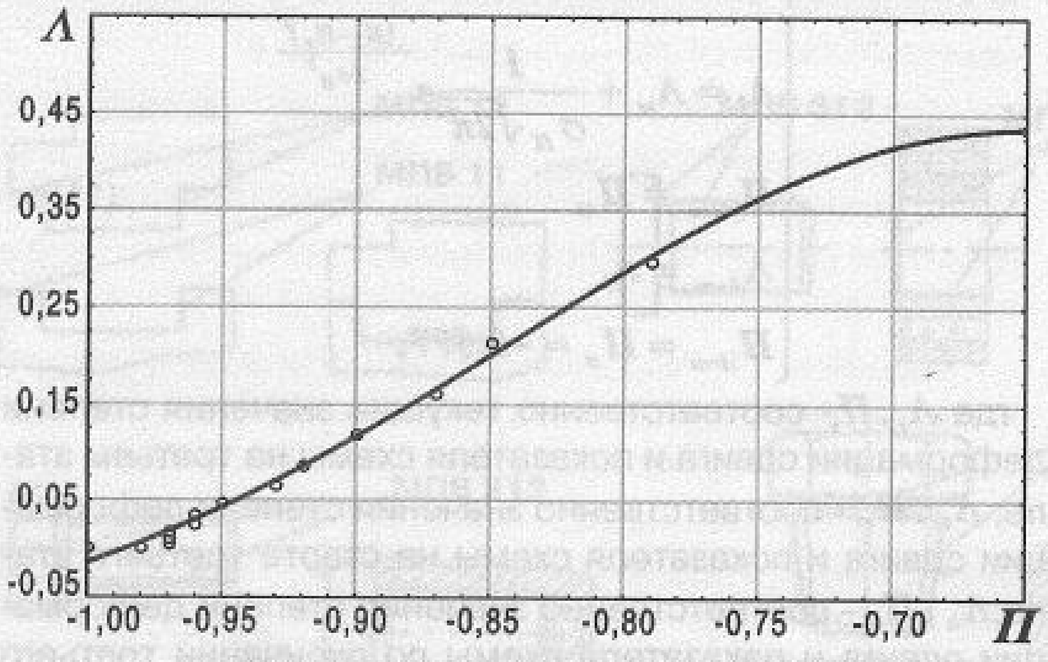


Рис.6. Программа нагружения
для передней внеконтактной поверхности
по экспериментальным данным Баринова В.В. [6]:
модель $\Lambda = -0{,}117 + \frac{1}{exp\left(1368\Pi^2 + 17{,}75\Pi + 6{,}35\right)}$

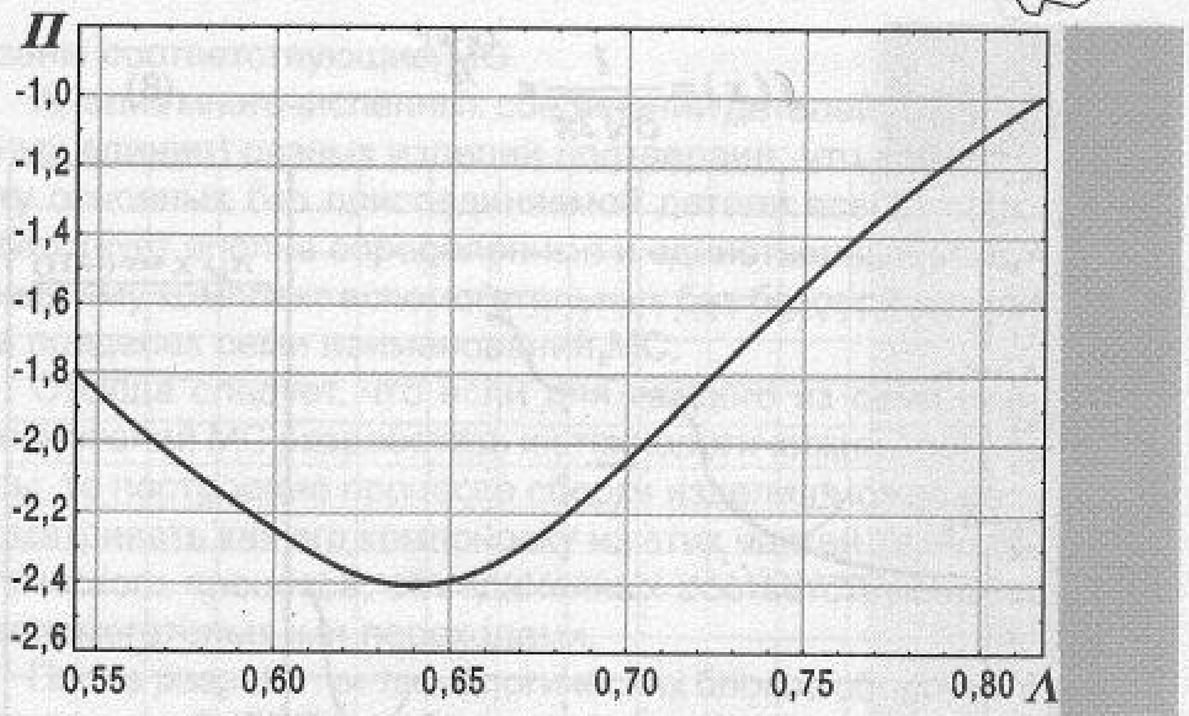


Рис.7. Программа нагружения
для контактной поверхности
по экспериментальным данным Баринова В.В. [6]:
модель

$$\Pi = \frac{-0{,}856}{15{,}09\Lambda^2 - 19{,}12\Lambda + 6{,}41} + \frac{1}{exp\left(662{,}23\Lambda^2 - 791{,}05\Lambda + 238{,}81\right)}$$

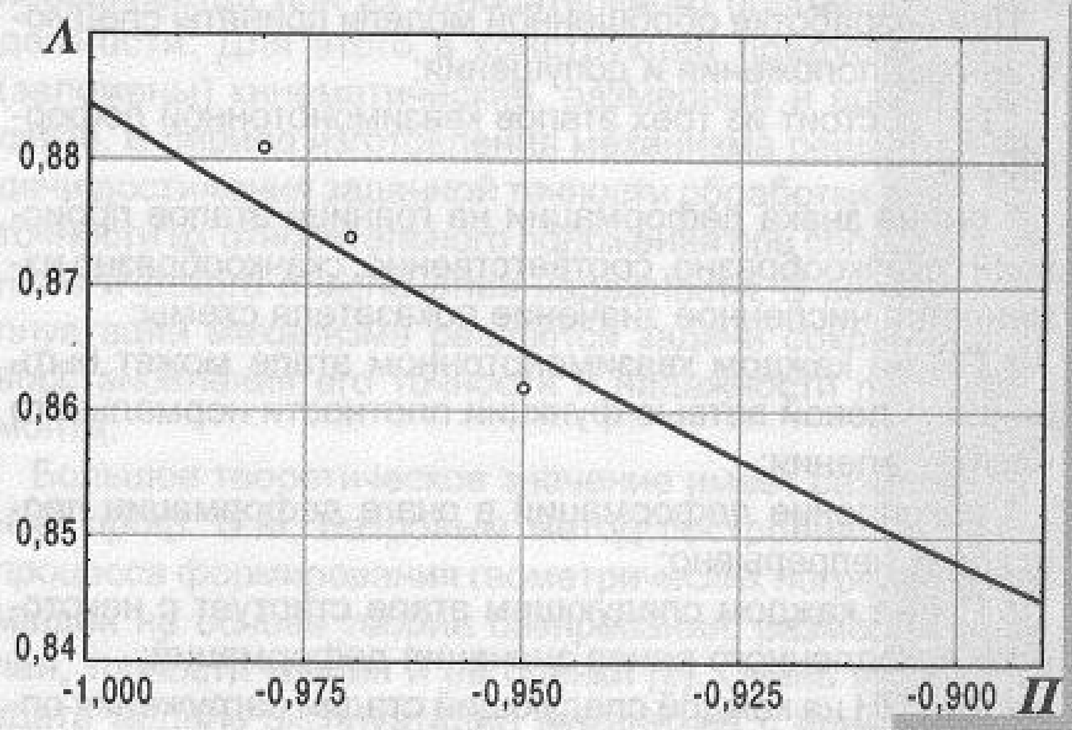


Рис.8. Программа нагружения
для задней внеконтактной поверхности
по экспериментальным данным Баринова В.В. [6]:
модель $\Lambda = 0{,}1 + \frac{1}{exp\left(-0{,}6\Pi^2 - 0{,}66\Pi + 0{,}18\right)}$

Для контактной поверхности последняя модель не подходит, а подходит более сложная модель, причем в качестве аргумента выступает степень деформации (рис. 7). Кроме того, ПН для контактной поверхности хорошо описывается зависимостью вида:

$$y = a + \frac{b}{(cx + d)^2 + \left(exp(ex^2 + fx + g)\right)} \qquad (7)$$

В общем случае для задней внеконтактной поверхности также подходит экспоненциальная зависимость (рис.8).

Примем графическую обобщенную модель нагружения в соответствии со схемой на рис.9. Схема состоит из трех этапов 1, 2 и 3, каждому из которых соответствует своя ПН. Предположим, что материал не имеет ИН и принципиально возможно описание ПН на каждом этапе с помощью функции нормального распределения. Плотность распределения выражается формулой:

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \qquad (8)$$

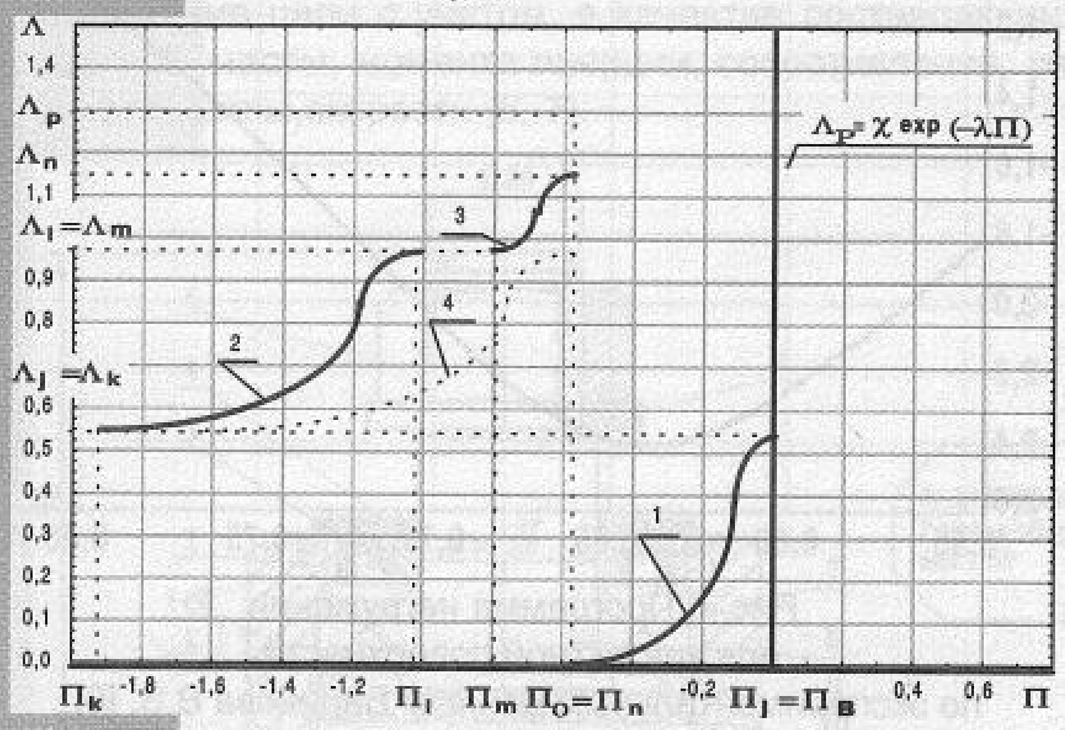


Рис.9. Схема обобщенной модели программы нагружения процесса ППД: 1,2,3 - участки квазимонотонной деформации

При разработке обобщенной модели приняты следующие предположения и допущения:

* ПН состоит из трех этапов квазимонотонной деформации;

* смена знака деформации на границе этапов происходит скачкообразно, соответственно, скачкообразно изменяется численное значение показателя схемы;

* ПН на каждом квазимонотонном этапе может быть описана левой ветвью функции плотности нормального распределения;

* накопление деформаций в очаге деформации происходит непрерывно;

* ПН на каждом следующем этапе стартует с некоторого накопленного ранее значения деформаций;

* Вид ПН на каждой следующей стадии нагружения определяется ИН.

В формуле (8) математическое ожидание случайной величины равно a, дисперсия равна σ^2.

Обобщенная модель ПН на первом этапе квазимонотонной деформации при использовании левой ветви графика плотности нормального распределения выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \Lambda_i = \dfrac{1}{\sigma_\Pi\sqrt{2\pi}}e^{\frac{(\Pi_i-\Pi_j)^2}{2\sigma_\Pi^2}} \\ \Pi_{|i=0} = \Pi_o \approx -0{,}577 \\ \Lambda_{|i=0} = \Lambda_o \approx 0 \\ \Pi_{|i=j} = \Pi_j = \Pi_e, \end{cases} \qquad (9)$$

где Λ_i, Π_i- соответственно текущие значения степени деформации сдвига и показателя схемы на первом этапе; Λ_j, Π_j - соответственно значения степени деформации сдвига и показателя схемы по окончании первого этапа, причем показатель схемы соответствует показателю в вершине волны, т.е. $\Pi_j = \Pi_e$; $(\sigma_\Pi)^2$ - дисперсия показателя схемы на первом этапе.

Начальные значения показателя схемы и степени деформации сдвига, безусловно, зависят от ИН и могут отличаться от принятых в модели (9) значений. Тогда ПН 1-го этапа стартует с некоторого накопленного значения степени деформации сдвига. Для реализации модели (9) требуется знание значения $\Pi_j = \Pi_e$ и дисперсии показателя схемы на первом этапе $(\sigma_\Pi)^2$.

В соответствии с данным типом описания между первым и вторым этапами происходит скачкообразное изменение показателя схемы напряженного состояния, что свидетельствует о нарушении монотонности процесса. Деформации на этом этапе продолжают накапливаться, а обобщенная модель ПН при использовании левой ветви графика плотности нормального распределения выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \Lambda_i = \Lambda_k + \dfrac{1}{\sigma_\Pi\sqrt{2\pi}}e^{\frac{(\Pi_i-\Pi_i)^2}{2\sigma_\Pi^2}} \\ \Pi_{|i=k} = \Pi_k \\ \Lambda_{|i=k} = \Lambda_j \\ \Pi_{|i=l} = \Pi_l, \end{cases} \qquad (10)$$

где Λ_i, Π_i - соответственно текущие значения степени деформации сдвига и показателя схемы на втором этапе; Λ_k, Π_k - соответственно значения степени деформации сдвига и показателя схемы на старте второго этапа; Λ_l, Π_l - соответственно значения степени деформации сдвига и показателя схемы по окончании второго этапа; $(\sigma_\Pi)^2$- дисперсия показателя схемы на втором этапе. Для реализации модели (10) требуется знание значения показателя схемы в момент начала Π_k и окончания Π_l нагружения и дисперсии показателя схемы $(\sigma_\Pi)^2$ на втором этапе.

В соответствии с данным типом описания между вторым и третьим этапами происходит скачкообразное изменение показателя схемы напряженного состояния, что также свидетельствует о нарушении монотонности процесса. Деформации на этом этапе продолжают накапливаться, а обобщенная модель ПН при использовании левой ветви графика плотности нормального распределения выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \Lambda_i = \Lambda_m + \dfrac{1}{\sigma_\Pi\sqrt{2\pi}}e^{\frac{(\Pi_i-\Pi_n)^2}{2\sigma_\Pi^2}} \\ \Pi_{|i=m} = \Pi_m \\ \Lambda_{|i=m} = \Lambda_l \\ \Pi_{|i=n} = \Pi_n \approx -0{,}577, \end{cases} \qquad (11)$$

где Λ_i, Π_i- соответственно текущие значения степени деформации сдвига и показателя схемы на третьем этапе; Λ_m, Π_m - соответственно значения степени деформации сдвига и показателя схемы на старте третьего этапа; Λ_n, Π_n - соответственно значения степени деформации сдвига и показателя схемы по окончании третьего этапа; $(\sigma_\Pi)^2$- дисперсия показателя схемы на третьем этапе. Реализация модели (11) требует знания показателя схемы на старте третьего этапа Π_m и дисперсии, дисперсия показателя схемы на этом этапе $(\sigma_\Pi)^2$.

Стартовое значение показателя схемы на первом этапе и финишное значение на третьем этапе приняты равными $\Pi \approx -0,577$. Это соответствует представлениям о начале и окончании пластического течения металла в ОД [6-7], характерным для начала пластического течения материала в условиях простого сжатия. В зависимости от вида решаемой задачи механики эти значения могут отличаться от принятых.

Таким образом, особенностью описания вышеприведенными моделями является знание величин показателя схемы только в характерных точках ОД. Величины показателей схемы в эти характерных точках ОД характеризуют математические ожидания величины Π. Возможным вариантом их определения является накопление статистик и использование описания вида:

$$\Pi = \Pi(h_i, d_i, l_i, ...) \qquad (12)$$

При этом геометрические параметры определяются по зависимостям вида (1,3) с учетом затухающего характера формирования ОД по мере исчерпания ресурса пластичности материалом поверхностного слоя. Тогда в уравнения (9)-(11) подставляются модели показателя схемы в функциях параметров ОД.

Величина σ_Π^2 характеризует дисперсию параметра схемы напряженного состояния. Возможные варианты ее определения:

1. В первом приближении дисперсия σ_Π^2 принимается постоянной для программ нагружения различных этапов и равной дисперсии параметров ОД.

2. Более точным является определение дисперсии по накопленным статистикам параметра схемы напряженного состояния и уточнение их для каждой стадии с учетом ИН.

Из рис. 9 видно, что накопленная степень деформации сдвига не достигла предельного для данного показателя схемы уровня, определяемого диаграммой пластичности $\Lambda_p = \chi \exp(-\lambda\Pi)$,, т.е. $\Lambda_n \neq \Lambda_p$.. Следовательно, показатель исчерпания ресурса пластичности Ψ не достиг значения, равного единице, и материал изделия сохраняет еще некоторый запас пластичности.

Очевидно, что при наличии ИН ПН на данной стадии стартует с некоторого накопленного (наследуемого) значения степени деформации сдвига.

Таким образом, описание ТН в категориях ПН предполагает, с одной стороны, что накопление деформаций, формирование ПН и исчерпание ресурса пластичности осуществляется в ОД, параметры которого зависят от ИН. С другой стороны, трансформация (затухание) ПН может быть описана с учетом ИН.

Литература.

1. Блюменштейн В.Ю. Повышение качества изделий машиностроения на основе принципов механики технологического наследования // Проблемы повышения качества промышленной продукции: Сб. тр. 3-ей международной научно-технической конференции. - Брянск, 1998. -С.126-128.

2. Блюменштейн В.Ю. Функциональная модель механики технологического наследования// Вестник КузГТУ. - 2000. - № 4. - С. 46-54.

3. Блюменштейн В.Ю., Кречетов А.А. Модель процесса исчерпания ресурса пластичности на стадиях жизненного цикла изделия// Инструмент Сибири. - 2000. - №2 . - С.20-23.

4. Блюменштейн В.Ю. Концептуальная модель технологического наследования в категориях механики деформирования и разрушения/Кузбас. гос. техн. ун-т. ММФ. Каф. техн. мет. - М., 2000. - 21 с. - Библиогр. с. 21 (11 назв.) -Деп. в ВИНИТИ 09.06.2000, № 1651 - В00.

5. V.M. Smelyanskiy, V.J. Blyumenshtein. Phenomenological Aspects of how to Guarantee Quality of mechanical Engineering Products. International Conference "Fundamental and Applied technological Problems of Machine Building" "Technology - 2000", 28-30 September. Oryol, Russia.

6. Баринов В.В. Влияние технологических факторов на уровень поврежденности поверхностного слоя деталей при обкатывании /Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. - М.: 1984. - 187 с.: ил. - Библиогр. с. 163-172.

7. Калпин Ю.Г., Смелянский В.М., Крючковский В.М. Пластичность металлов при немонотонном деформировании // Машины и автоматизация кузнечно - штамповочного производства: Межвузовский сборник научных трудов. - М.: ВЗМИ, 1988. - С.138-146.

Получение шлифовальных кругов методом самораспространяющегося температурного синтеза

Г.И. СМАГИН, доцент, канд. техн. наук, Н.Д. ЯКОВЛЕВ, ст. преподаватель, НГТУ, М.А. КОРЧАГИН, ст. научн. сотр., канд. хим. наук, Ин-т химии твердого тела и механохимии СО РАН, г.Новосибирск

Хотя в настоящее время для изготовления шлифовальных кругов используются хорошо зарекомендовавшие себя технологии и приемы, определенный интерес представляет разработка новых, менее энергоемких и более экологичных способов получения абразивного инструмента.

По нашему мнению, одной из таких технологий может быть технология, основанная на использовании самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Метод СВС основан на использовании внутренней химической энергии, выделяющейся при взаимодействии исходных реагентов. Сущность этого метода состоит в том, что в смеси порошковых реагентов локальным тепловым импульсом инициируется экзотермическая реакция, которая распространяется по всему объему образца в виде высокотемпературной самораспространяющейся волны горения (синтеза). Данный метод синтеза обладает рядом специфических особенностей, которые отличают его от существующих способов получения неорганических соединений. К ним следует отнести высокие температуры в волне СВС и малые времена синтеза, минимальные внешние энергетические затраты и простота оборудования, возможность синтеза больших количеств продукта и его чистота. Использование внутренних энергетических ресурсов системы, наряду с перечисленными отличительными чертами,

(Продолжение на 26 стр.)

Горячий воздух может всё...

Г. П. НОВОКШАНОВ, ООО Компания "Т плюс Т", директор,
А. В. ПАВЛЕНКО, ООО ИД "Конверсия", начальник отдела,
В. П. ГИЛЕТА, ООО ИД "Конверсия", технический редактор, канд. техн. наук,
г.Новосибирск

Основатель фирмы **"Leister"** (Швейцария) Карл Ляйстер начал выпускать аппараты горячего воздуха с начала пятидесятых годов. Первое его изделие – автопылесос. Второе – электрический нагреватель воздуха. Название, которое он присвоил этому прибору ("Phön") дало начало семейству фенов, так хорошо знакомых женщинам и парикмахерам всего мира. С тех пор и по сегодняшний день фирма **"Leister"** прочно удерживает лидирующие позиции по производству профессиональных аппаратов горячего воздуха.

Аппараты **"Leister"** имеют широкий диапазон конструкций и применения – от ручных источников горячего воздуха для сварки напольных и кровельных покрытий, технических тканей, пленок, до стационарных нагревателей воздуха, которые используются в различных технологических процессах для сушки, формовки, термоусадки.

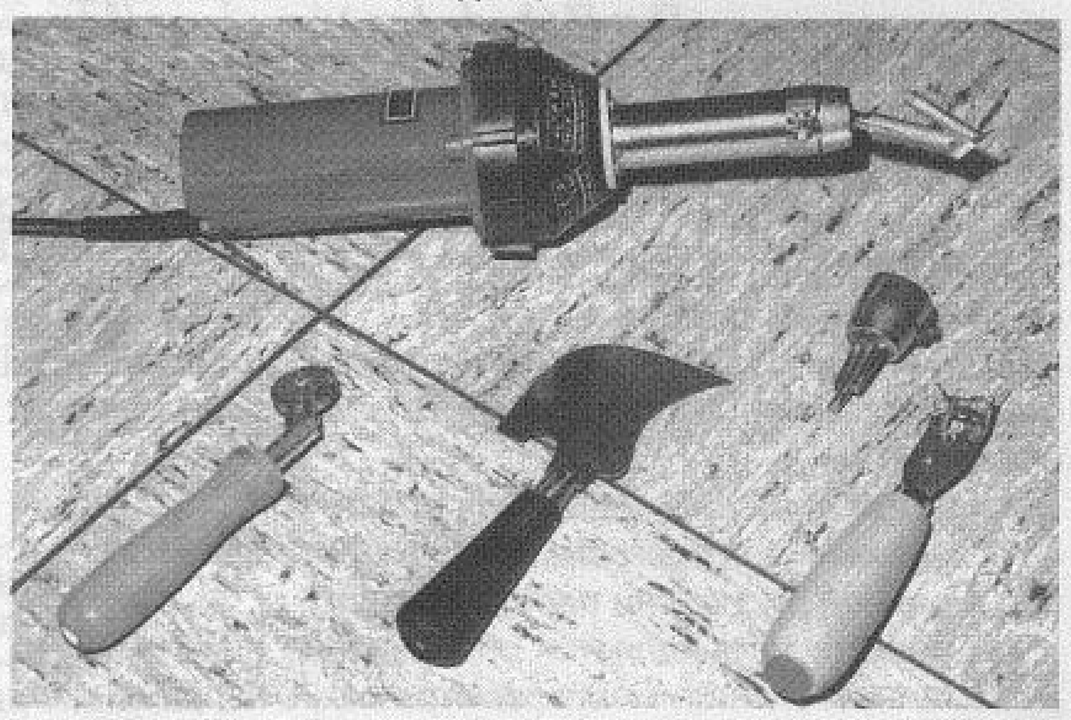
Благодаря своей универсальности, широкое распространение получили ручные аппараты горячего воздуха. Их малый вес и габариты, небольшая потребляемая мощность делают их мобильными и удобными для применении, как в промышленных, так и в бытовых условиях. С целью расширения зон технологического использования ручных аппаратов фирма **"Leister"** выпускает большой набор насадок. Меняя их, можно осуществлять сварку баннерных тканей, пленок, напольных полимерных покрытий, кровельных полимерных материалов, производить термоусадку, сушку, формовку, пайку, распайку, сварку встык и муфтирование труб, осуществлять отводы. Существует семь разновидностей ручных аппаратов горячего воздуха:

1. Сварочный аппарат горячего воздуха **"Хот-Джет S"** - самый легкий (0,58 кг с трехметровым кабелем);
2. Сварочные аппараты горячего воздуха **"Триак"**, **"Триак PID"** (с цифровым показателем заданной и реальной температуры) – аппараты, проверенные временем;
3. Сварочный аппарат горячего воздуха **"Гибли"** – для сварки и нагрева;
4. Сварочные аппараты горячего воздуха **"Диод S"**, **"Диод PID"** (с цифровым показателем заданной и реальной температуры) – с защитной трубкой и с отдельной подачей воздуха;
5. Сварочный аппарат горячего воздуха **"Лабор S"** – с отдельным блоком подачи воздуха;
6. Аппарат горячего воздуха **"Электрон"**– аппарат высокой мощности, большого расхода воздуха, при легкости и надежности;
7. Аппарат для усадки упаковочной пленки **"Форте S3"**.

Сварочный аппарат горячего воздуха "Гибли"

Некоторые технические характеристики ручных аппаратов горячего воздуха:

- температура воздуха плавно регулируется от 20 до 700°С;
- потребляемая мощность – от 400 до 10000 Вт;
- полный вес – от 0,58 до 5,2 кг.



"Триак" с насадкой быстрой сварки для круглой 5 мм присадки при сварке напольных покрытий. Прикаточный ролик, месяцевидный нож и разделочный минирубанок являются составными частями технологического процесса

Для получения многометражных швов при промышленном строительстве фирмой **"Leister"** выпускаются сварочные автоматы. Узкая специализация этих аппаратов и большое их разнообразие (около 20 видов) позволяют эффективно решать поставленные задачи. С помощью сварочных автоматов можно получать напольные, наклонные, вертикальные и потолочные швы различной ширины от 20 до 120 мм, а также двойные швы с испытательным каналом посередине. Использование сварочных автоматов горячего воздуха фирмы **"Leister"** обеспечивает высокую производительность сварочных работ – скорость сварки до 5 метров в минуту при толщине покрытия 1,5÷5 мм.

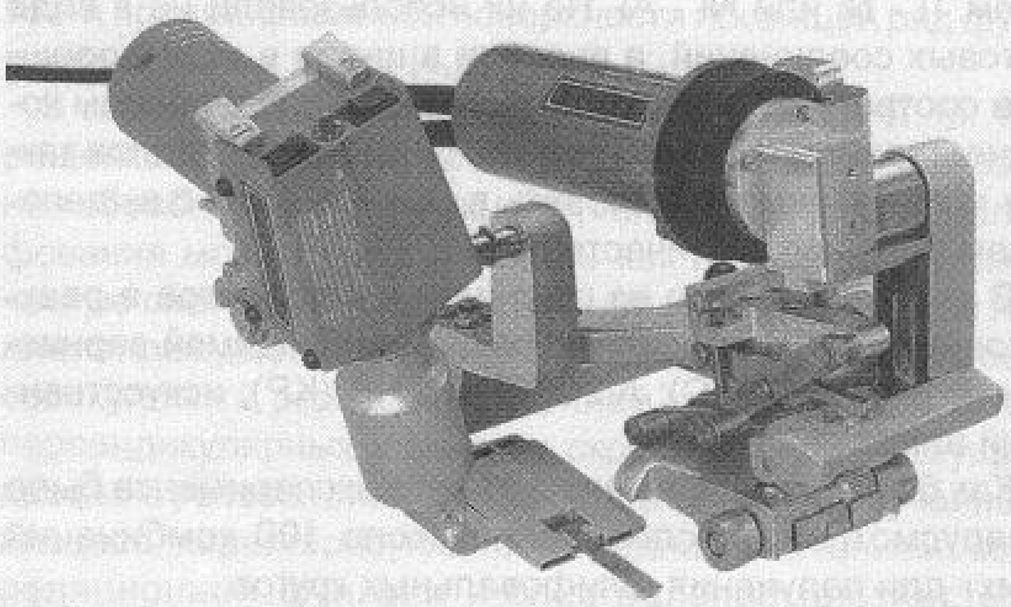
Производственные задачи, решаемые с помощью автоматов фирмы **"Leister"** многочисленны.

К примеру, с помощью автоматов **"Твинни S"** и **"Твинни Т"** можно производить следующие работы:

- гидроизоляция в тоннелях при разработке горных пород открытым и закрытым способом;
- гидроизоляция шахт, свалок, плавательных бассейнов, искусственных водоемов;
- гидроизоляция при озеленении крыш, навесов для строительства и сельского хозяйства;
- гидроизоляция промышленных объектов, отстойников и накопителей;
- гидроизоляция фундаментов, подземных городков, резервуаров и цистерн;
- все другие работы аналогичного профиля, требующие наложения герметичных сварочных швов.

Использование сварочных автоматов горячего воздуха **"Универсал"** позволяет производить сварку следующих материалов:

- тентовых тканей с покрытием;
- армированных и неармированных пленок;
- гомогенных и многослойных гидроизолирующих покрытий из ПВХ, ПЭ, ХДПЭ, ЭПДМ, ПВДФ, ЭСБ;
- полимерных ленточных тканей и т.д.

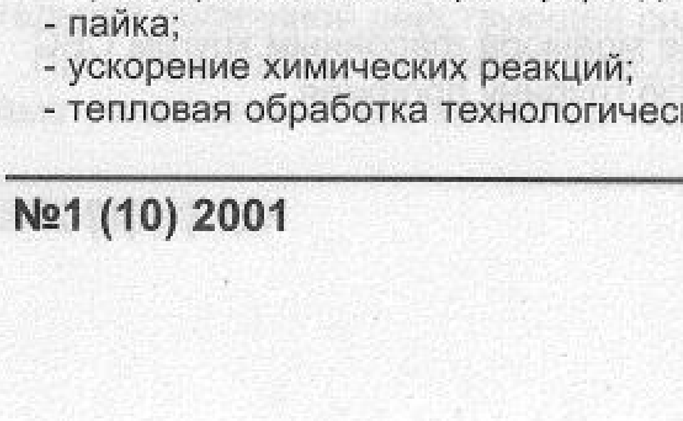


Сварочный автомат горячего клина "Х 84" для сварки внахлёст полиэтиленовых уплотняющих полотен толщиной до 2,5 мм. Ширина сварного шва 15х15 мм + 15 мм, испытательный канал – посередине

Сварочный автомат горячего клина **"Х 84"** для сварки внахлест гидроизолирующих покрытий зарекомендовал себя надежным сварочным автоматом, способным работать в самых тяжелых условиях. Автомат поставляется в двух исполнениях – для тоннелей и для подземного строительства.

В номенклатуру изделий, выпускаемых фирмой **"Leister"**, также входят аппарат для разделки швов в линолеуме, ПВХ-покрытиях и испытательный прибор для тестирования сварных швов на срез и разрыв. Это оборудование существенно повышает производительность работ на всех этапах технологического цикла – от подготовки материалов для сварки до контроля качества шва.

Кроме мобильных аппаратов горячего воздуха и автоматов для сварки фирма **"Leister"м** выпускает промышленные нагреватели воздуха и вентиляторы (**"Хотвинд S"**, **"Вулкан Е"**, **"5000"** и др.), предназначенные для встраивания в технологическое оборудование. Достоинством этих изделий является низкий уровень шума, возможность длительной эксплуатации в технологических линиях и машинах, плавное регулирование температуры в диапазоне от 20 до 800°С. С помощью нагревателей воздуха и вентиляторов осуществляется:



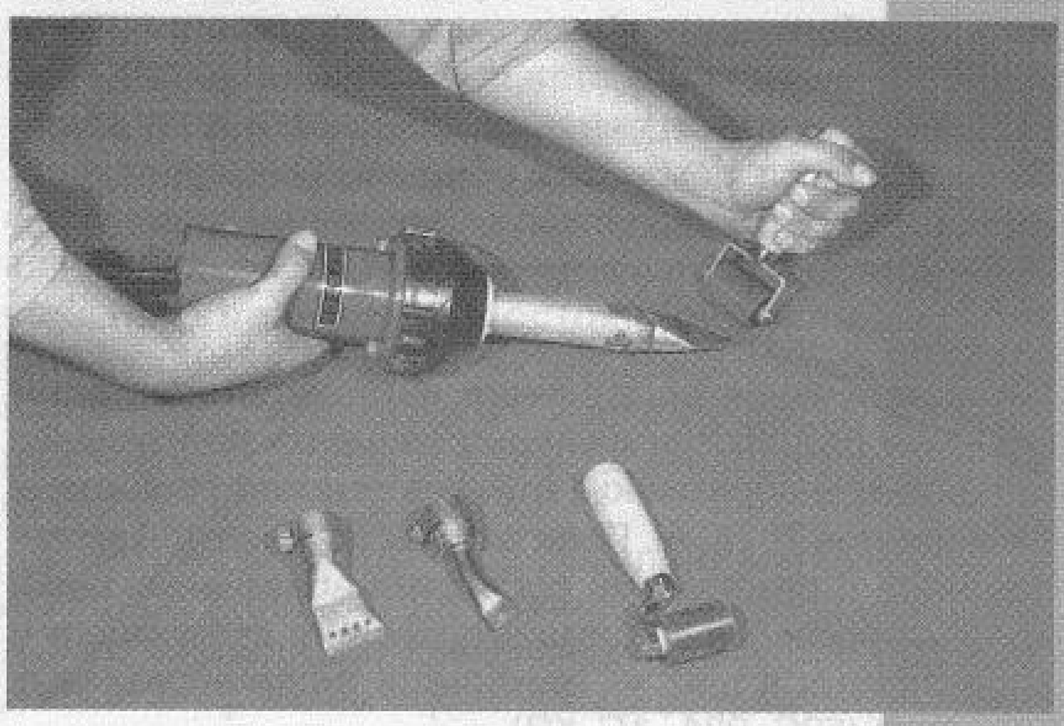
Вентилятор горячего воздуха "Хотвинд S" для длительной эксплуатации в технологическом оборудовании

- предварительный нагрев форм для литья;
- пайка;
- ускорение химических реакций;
- тепловая обработка технологических сред;
- прогрев экструдеров;
- очистка сажевых фильтров;
- ускорение этапов сушки и многое другое.

К примеру, с помощью нагревателя со встроенной подачей воздуха **"Хотвинд S"**, помимо традиционных областей применения можно осуществлять следующие работы:

- сушка краски при тампонной печати;
- термоциклирование при испытаниях шарикоподшипников;
- частичная сушка проклеенных мест сигар;
- использование при фольгировании картинных рам и декоративных панелей;
- усадка обертки и полиэтиленовых этикеток на бутылках при разливе соков, напитков и вин.

Указанный перечень составляет лишь малую часть возможного применения аппаратов горячего воздуха фирмы **"Leister"**. Спектр возможностей аппаратов постоянно расширяется.



"Триак" со шлицевой насадкой 40 мм при сварке внахлёст технического полотна с ПВХ-покрытием

Продукцию фирмы **"Leister"** на российском рынке с 1996 года представляет компания **"Т плюс Т",** единственный официальный дилер фирмы **"Leister"** в азиатской части России.

Компанией **"Т плюс Т"** накоплен большой опыт в области продаж аппаратов горячего воздуха и их применения, а также в сфере проектирования и изготовления объектов досуга (летние павильоны, кафе, теннисные фоны, бассейны, надувные изделия, рекламные баннеры и т.п.) с использованием технологий и оборудования фирмы **"Leister"**.

Официальный дилер фирмы "Leister" в России
ООО Компания "Т плюс Т"
г.Новосибирск,
ул. Планировочная, д. 18/1
Тел./факс: (3832) 51-75-21
E-mail: tplust@online.nsk.su
http://www.sibline.ru/tt

***От редакции**: в последующих номерах журнала планируется подробнее рассказать об изделиях фирмы "Leister" и возможностях их использования.*

(Окончание. Начало на 23 стр.)

свидетельствуют о высоких достоинствах метода СВС с технологической точки зрения и служит основой для разработки новых прогрессивных технологий. В настоящее время метод СВС широко используется для самых различных технологических целей – получения интерметаллидов, тугоплавких боридов, карбидов, силицидов, и многих других неорганических соединений, в том числе и абразивных порошков, сверхтвердых инструментальных пластин для резцов и фрез, сварки разнородных материалов и т.д. [1, 2, 3]. Имеются работы и по использованию этого метода для получения абразивного инструмента [2, 4].

С целью изучения возможностей использования метода СВС для изготовления шлифовальных кругов сотрудниками лаборатории абразивного инструмента НГТУ и института химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) СО РАН была проведена совместная работа по разработке составов СВС-смесей, созданию необходимой оснастки, отработке наиболее технологичных приемов получения абразивного инструмента и его испытанию.

Методика эксперимента

Для получения абразивного инструмента методом СВС был разработан план эксперимента по изучению связующих в абразивном круге на основе порошковых компонентов Ti, Ni, Al. План работы включал 100 экспериментов с различными составами абразивных шихт, включая исследования взаимодействия связующего и добавляемых в шихту нескольких типов абразивных порошков (63С, 92А, АС, КР).

Для экспериментов была изготовлена оснастка, состоящая из помещаемого в разборную стальную обичайку графитового цилиндра требуемого размера, снизу в цилиндре фиксировался графитовый стержень диаметром 10 мм. Стержень обеспечивал получение сквозного отверстия в готовом абразивном инструменте. Круги изготавливались как цилиндрические, так и фасонные. Графитовая матрица с необходимой шихтой загружалась в СВС-реактор. Для предотвращения окисления СВС-реакцию проводили в аргоне при атмосферном давлении.

Морфологические особенности строения абразивного инструмента изучались на сканирующем электронном микроскопе JSM-T20 фирмы JEOL. Фазовый состав определяли с помощью рентгенофазового анализатора (Дрон-3,0, излучение Cu (K()).

Абразивная способность шлифовальных кругов определялась за счет измерения эффективной мощности привода вращения шлифовального круга при различных подачах во время обработки изделий, а также измерении коэффициента шлифования.

Результаты и обсуждение

При экспериментальной отработке оптимальных составов реакционной шихты главными критериями были прочность и абразивная способность шлифовальных кругов.

Обобщенный состав СВС-смеси можно представить в следующем виде:

$$A_1[A_2(\text{"Ведущий" состав}) + A_3\ (\text{Ме связка})] + A_4\ (\text{основной абразив}), \quad (1)$$

где ***Ai*** - содержание основных составляющих смеси (мас. %).

В качестве "ведущего" состава (наиболее экзотермической части шихты) использовались смеси порошков Ti+2B или Ti+C. Теплота образования соединений TiB2 и TiC составляет 279,7 и 184,64 кДж/моль соответственно [5].

Металлической связкой служили интерметаллиды систем Ti - Ni или Ni - Al. Но их использовали не в виде готовых соединений, а вносили в шихту в виде порошков соответствующих металлов. При определенном количественном соотношении порошки этих металлов также могут взаимодействовать в режиме СВС с выделением большого количества тепла [3].

В качестве одного из основных компонентов в реакционную смесь вносили абразив необходимой зернистости типа SiC(63C); Al2O3(24A); NB (KP); искусственный алмаз (АС).

Как было сказано выше, в планах эксперимента было предусмотрено исследование около 100 комбинаций шихт для получения шлифовальных кругов.

Критерием отбора кругов служили такие их характеристики, как наружный вид, эффективная мощность резания, коэффициент шлифования (отношение объема снятого обрабатываемого материала к величине изношенного слоя круга), для токопроводных кругов - уровень электропроводности, увеличение съема при электроалмазной обработке деталей по сравнению с абразивной и т.п.

В данной статье приведена только часть из перечисленных характеристик.

Максимальное содержание основного абразива в шихте доводили до 25 мас. % (А4 в уравнении (1)), т.е. до 100 % абразивного состава круга.

Необходимо отметить, что TiB2 или TiC, образующиеся в результате взаимодействия "ведущего" состава, сами являются хорошими абразивами и выступают здесь в качестве "дополнительного" абразива, но зернистость их находилась в пределах 2...5 мкм.

На рис. 1 показан фасонный круг, полученный по СВС-технологии с абразивным зерном SiC, используемый при обработке мраморной пластины непосредственно на всю глубину профиля.

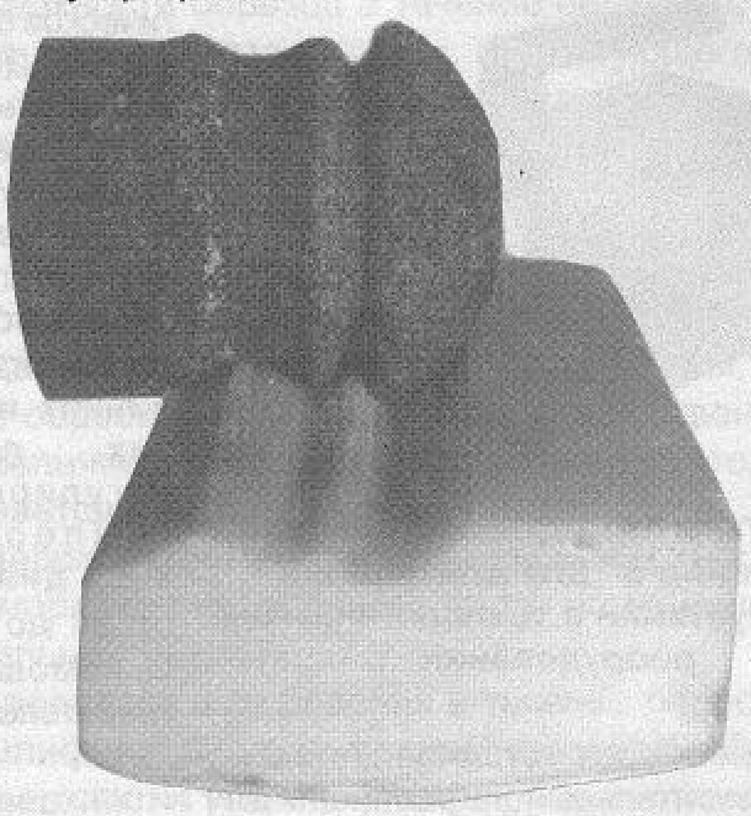


Рис.1. Шлифование мрамора фасонным кругом СВС на всю глубину профиля

По данным рентгенофазового анализа во всех полученных образцах наблюдается хорошее фазовое разделение составляющих компонентов – основного абразива, дополнительного абразива и фазы металлической связки.

На рис. 2 показано строение внутренней части СВС образца (скол). Большие частицы – зерна абразива Al_2O_3. Плавленная высокопористая часть – это металлическая связка (NiTi). Зерна "дополнительного" абразива (TiB_2) в виде хорошо ограненных кристаллов размерами 1-2 мкм находятся внутри металлической связки и хорошо видны на ее сколе только при большом увеличении.

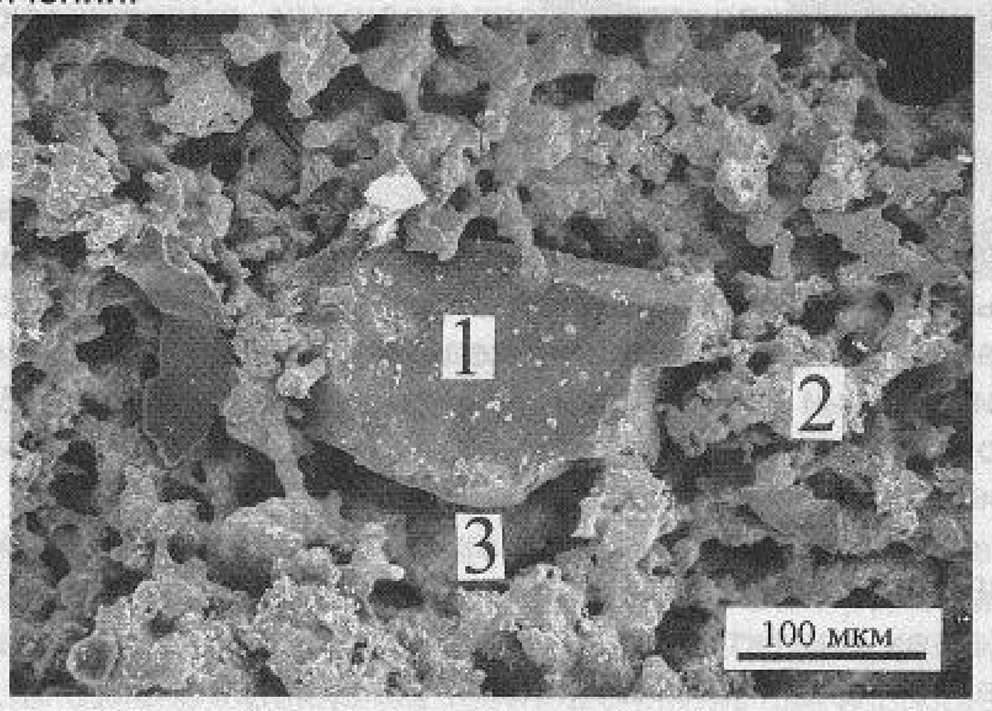


Рис.2. Микрофотография внутренней части шлифовального круга, изготовленного методом СВС (состав $TiB_2 + Al_2O_3$ на металлической связке NiTi, 1 - абразивное зерно Al_2O_3, 2 - металлическая связка, 3 - поры

При дальнейшем изучении таких составов обнаружено, что в месте контакта металлической связки с абразивным зерном образуется контактная зона за счет диффузии компонентов расплава в материал абразива. Причем оказалось, что эта диффузионная зона образуется независимо ни от вида абразива, ни от типа металлической связки. Изменяется только ее строение и ширина. Например, на рис.3 показан внешний вид места контакта металлической связки (Ni - Ti) с зерном Al_2O_3, на котором хорошо видна и контактная диффузионная зона. На рис.4 и рис.5 приведены фотографии диффузионных зон, образующихся в зернах алмаза, и SiC при их взаимодействии с этим же расплавом (Ni - Ti).

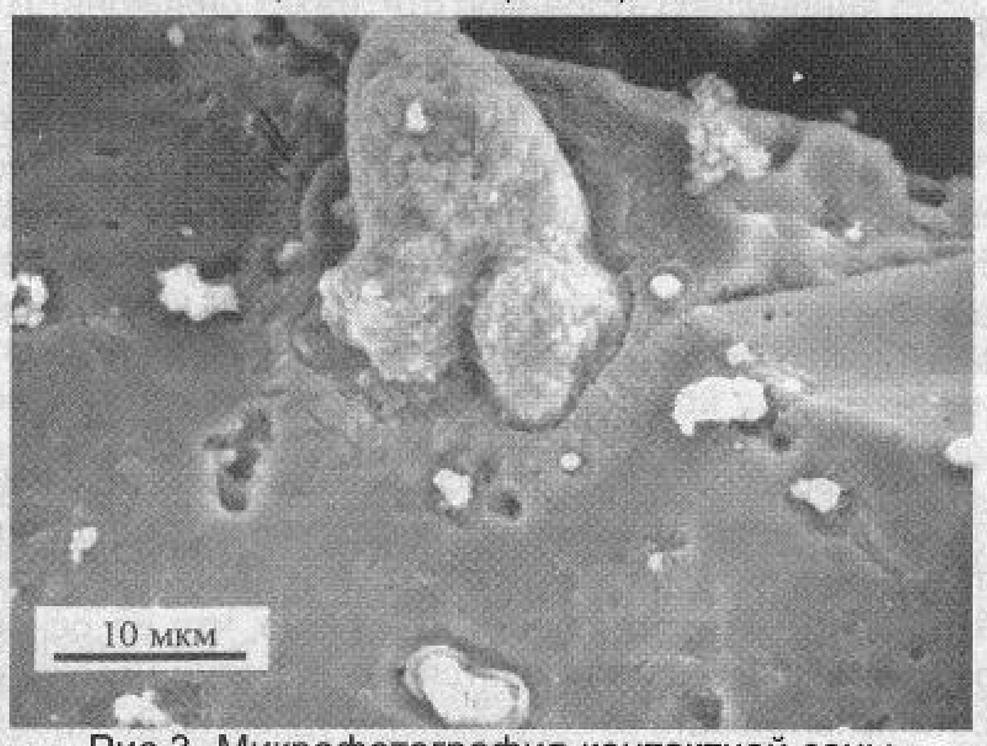


Рис.3. Микрофотография контактной зоны зерна Al_2O_3 с металлической связкой Ni-Ti

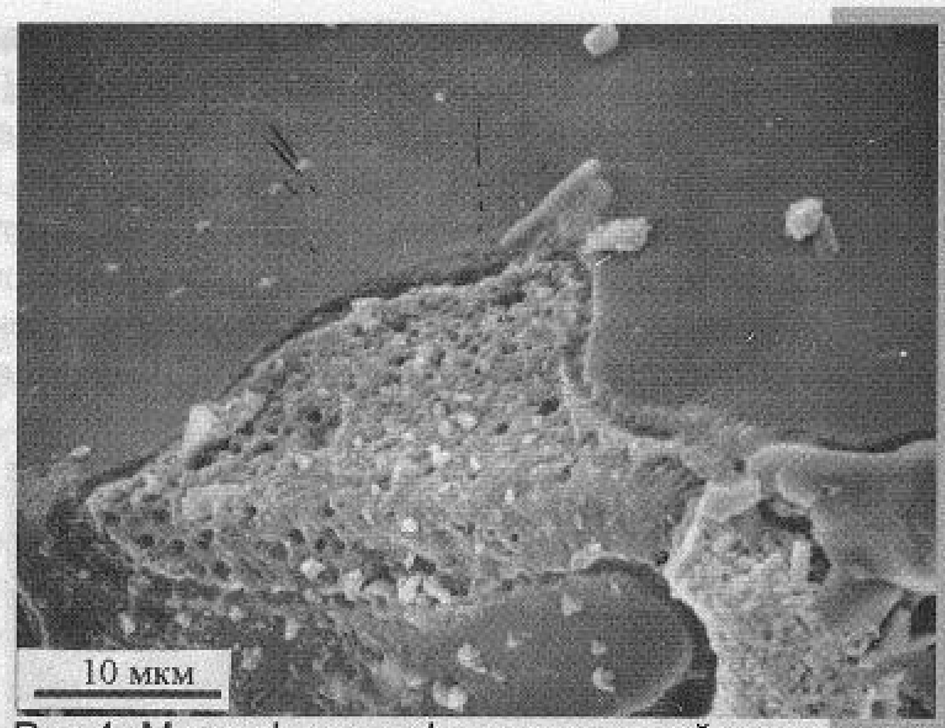


Рис.4. Микрофотография контактной зоны зерна искусственного алмаза с металлической связкой Ni-Ti

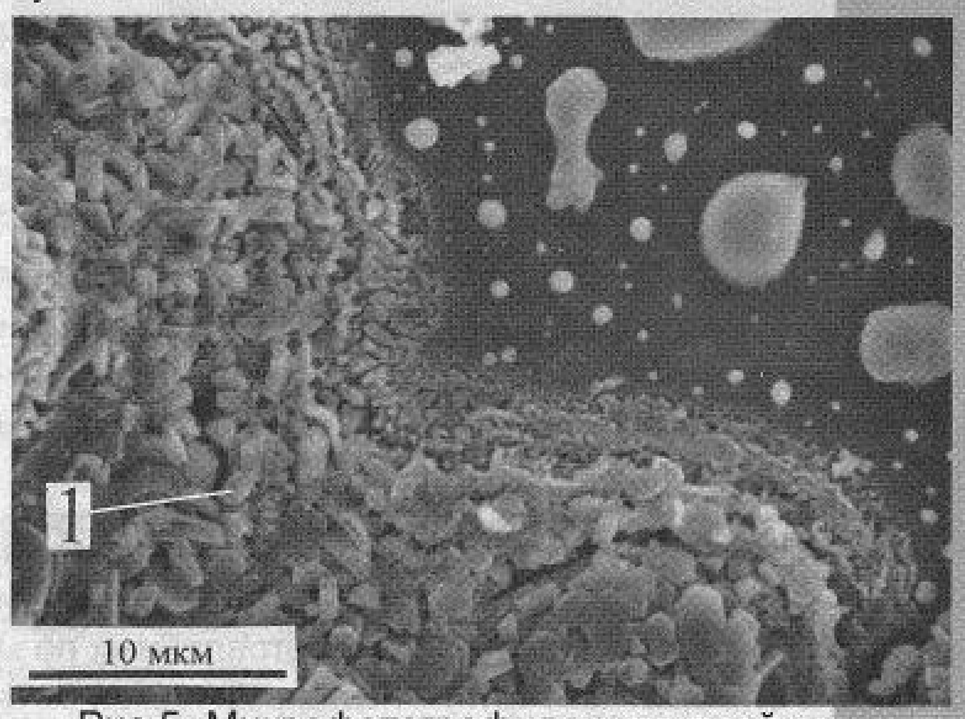


Рис.5. Микрофотография контактной зоны зерна SiC с металлической связкой Ni-Ti. 1 - кристаллы диборида титана

Аналогичные по характеру результаты получены и на связке (Ni - Al).

Ширина диффузионных зон составляет 2÷10 мкм в зависимости от природы абразивного зерна и металлической связки. По предварительным данным от 10 до 25% поверхности абразивных зерен занята этими контактными диффузионными зонами.

Состав диффузионных зон пока не установлен и требуется специальное исследование этого вопроса.

Для сравнения на рис.6 приведена фотография зоны контакта зерна SiC с керамической связкой в стандартном круге 63С25СТІ6К3. Как видно, ни диффузионного, ни адгезионного взаимодействия абразивного зерна с керамической связкой круга не происходит, между зерном и связкой наблюдается зазор размером 0,5...2 мкм. Такая же картина наблюдается и для шлифовальных алмазных и эльборовых кругов на стандартной связке М1.

Очевидно, что образование контактных диффузионных зон в случае использования СВС технологий приводит к лучшему удерживанию абразивного зерна в металлической связке. В дальнейшем необходимо будет количественно исследовать прочность этих контактных диффузионных зон.

Обнаруженное явление образования в материале абразивного зерна контактных диффузионных зон, возможно, связано как с крайне неравновесными условия-

ми, реализующимися в волне СВС, где скорость повышения температуры может достигать 106 град/сек [1], так и с особенностями взаимодействия материала абразивных зерен с металлическими расплавами (Ni - Ti) и (Ni - Al). Но скорее всего именно совокупность этих двух факторов и приводит к несколько неожиданному явлению образования контактных диффузионных зон в материале абразивных зерен, в том числе в искусственном алмазе и кубическом нитриде бора.

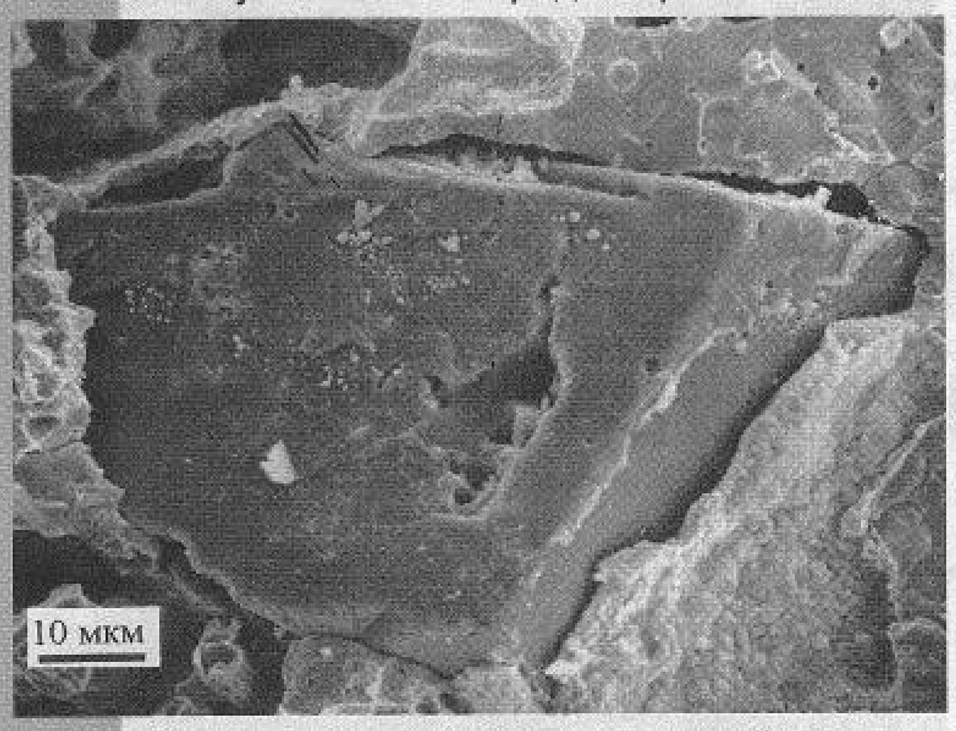


Рис.6. Микрофотография контактной зоны зерна SiC с керамической связкой в стандартном круге 63С25СТ15К3

На рис. 7 приведены результаты сравнительных испытаний (по затрачиваемой мощности на шлифование) кругов одного и того же диаметра, изготовленных по методу СВС и стандартным кругом на керамической связке 24А25СТ16К8 и алмазного круга АС6 160/125 М1 100%.

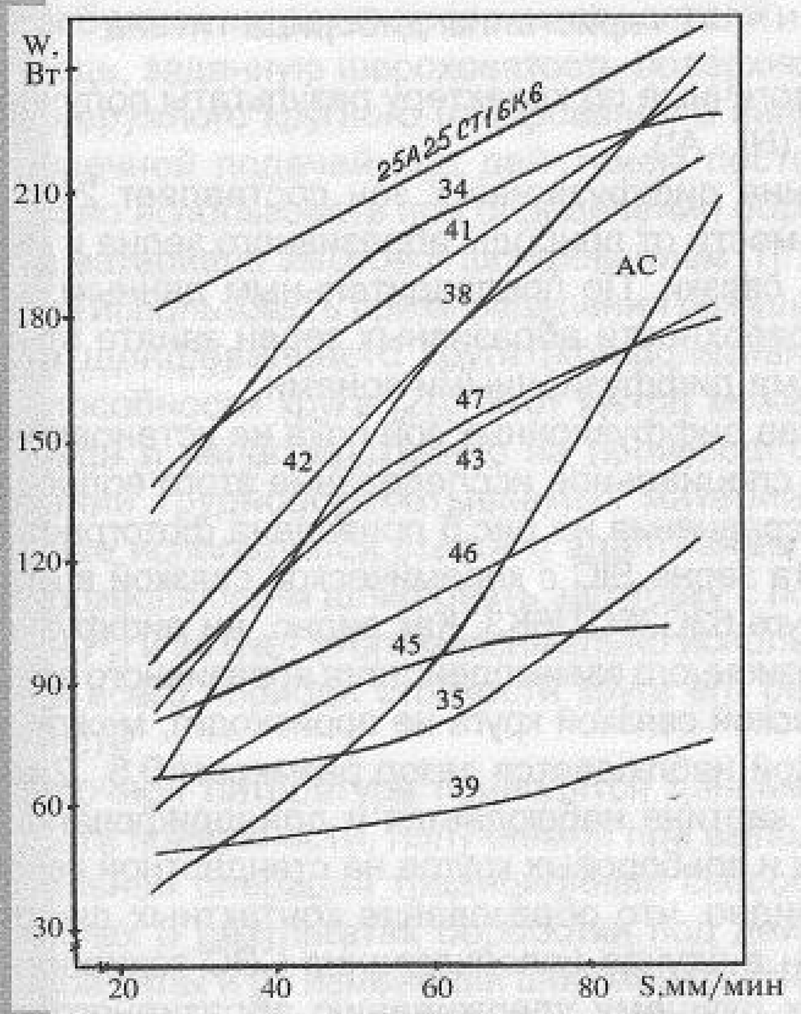


Рис.7. Графики зависимостей эффективной мощности от подачи для кругов СВС и стандартного (V=15 м/с, t=3 мм, обрабатываемый материал - мрамор, ширина образца h=10 мм. 200/160 100% СВС, 30х10х10, алмазный круг АС6 160/125 М1 100%, керамический круг 25А25СТ16К8)

Как видно из результатов этих исследований, некоторые номера кругов (СВС) обладают лучшей режущей способностью, чем алмазный круг на металлической связке М1, не говоря уже о шлифовальном круге на керамической связке.

Выводы:

1. Полученные результаты по использованию метода СВС для изготовления шлифовальных кругов и результаты их испытания показали большую перспективность этой технологии.

2. Круги, полученные методом СВС с оптимальным составом, являются токопроводными, выдерживают нагрузки в диапазоне рабочих сил резания, центробежной силы и силы, необходимой для их закрепления,.

3. Режущая способность кругов, изготовленных по методу СВС с зерном SiC превосходит по режущим свойствам круги с Al_2O_3 на керамической связке, но уступает алмазным кругам при шлифовании на подачах до 30 мм/мин. При увеличении глубины шлифования до 3-х мм и увеличении подачи до 50-100 мм/мин режущие свойства СВС кругов уже превышают свойства алмазных кругов на металлической связке М1.

4. В шлифовальных кругах, изготовленных методом СВС, наблюдается такое явление, как образование в местах контакта металлической связки с абразивным зерном диффузионной зоны, распространяющейся в материал зерна. Независимо от вида металлической связки ((Ni - Ti) или (Ni - Al)) контактная диффузионная зона образуется во всех абразивных зернах (включая и искусственный алмаз).

5. Из 100 различных комбинаций связок кругов СВС были отобраны пять по наилучшим показателям: наименьшая мощность шлифования, прочность круга, качества физико-диффузионного взаимодействия.

6. С учетом хорошего взаимодействия абразива Al_2O_3, SiC, АС, КР с металлической связкой (СВС), в изготавливаемых кругах можно использовать абразивы без металлического покрытия, которое само по себе обладает только механическим взаимодействием с алмазом и другими абразивами.

7. Преимущества технологии спекания кругов по методу СВС следующие: нет необходимости в муфельных печах, используются графитовые и керамические прессформы, время спекания 2-3 мин.

8. Высокая пористость кругов позволяет применять различные технологии для их последующей пропитки.

9. Хотя стоимость шихт связок для кругов по технологии СВС дороже металлических связок для алмазных кругов, конечная стоимость изготовления кругов по СВС дешевле (за счет более простых и недорогих прессформ, более дешевого технологического процесса и т.п.).

Заключение

Уже первые результаты по использованию метода СВС для изготовления абразивного инструмента представляются крайне интересными и показывают большую перспективность этой технологии. Очевидно, что её основное преимущество заключается в отсутствии необходимости использовать высокотемпературные печи. Проста в изготовлении и оснастка. В частности, прессформы под

практически любой профиль поверхности готового изделия изготавливаются из графита.

Кроме того, технология СВС достаточно управляема. Есть возможность в довольно широких пределах регулировать экзотермичность шихты (и тем самым регулировать температуру и скорость процесса) путем изменения типа и соотношения компонентов "ведущего" состава и соотношения этого состава и металлической связки.

Соотношение компонентов металлической связки и их число также можно менять в широких пределах, от легкоплавких эвтектик до интерметаллидов с высокими температурами плавления и различными механическими свойствами, от пластичных до хрупких.

От металлической связки можно перейти к керамической, например, оксидной связке.

Сравнительно высокая пористость полученных шлифовальных кругов связана, в основном, с выделением из исходных порошков во время СВС адсорбированных и поглощенных газов. Повысить плотность готового изделия можно с помощью предварительного отжига заготовки в вакууме [3], или проведением СВС-процесса при повышенном давлении инертного газа.

Хотя получение высокопористых абразивных заготовок может представлять и самостоятельный интерес для последующей их пропитки жидкими металлами или органическими связующими.

Литература.

1. Мержанов А.Г. В кн.: Физическая химия. Современные проблемы /Под. ред. Я.М.Колотыркина. М.: Химия, 1983.

2. Мержанов А.Г. Процессы горения и синтез материалов /Под. ред. В.Т.Телепы, А.В.Хачояна. Черноголовка : Изд-во ИСМАН, 1998.

3. Итин В.И., Найбороденко Ю.С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. Томск: Изд-во ТГУ, 1989, 212 с.

4. Левашов Е.А., Вьюшков Б.В., Штанская Е.В., Боровинская И.П. Особенности формирования структуры и свойств алмазосодержащих функциональных градиентных СВС-материалов. Известия высших учебных заведений (цветная металлургия), 1996, №1.

5. H.L.Schick. Thermodynamics of Certain Refractory Compounds. N-Y, London, Academic Press, 1966.

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ - ИМПУЛЬСНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ (ИОШ)

А.Е. ВОЛКОВ, ведущий конструктор, канд. техн. наук, ООО "Кедр", г.Нижняя Салда, Свердловская обл.

Сегодня сложные фасонные изделия из однородных сплавов, а так же из различных композиций - это важнейшая группа промышленных изделий с широким спектром их применения.

Развивающаяся техника диктует необходимость расширения ассортимента, наращивания выпуска наиболее экономичных видов металлопродукции, принципиально новых прогрессивных материалов. Так, для развития новых отраслей науки и техники необходимы конструкционные материалы с особыми свойствами, способными обеспечить надежную работоспособность современных аппаратов. Однако, несмотря на множество технологий, предназначенных для изготовления фасонных изделий, их производительность, экологичность и экономичность не всегда удовлетворяют потребностям народного хозяйства. В настоящее время детали типа шатунов, тройников, автомобильных клапанов, ракетных сопел и турбинных лопаток изготовливаются по многопереходной технологии с использованием литья, штамповки и последующей обработкой резанием. Это приводит к значительной потере дорогостоящего металла, времени на изготовление, дополнительным затратам электроэнергии и загрязнению окружающей среды.

Предлагаемая новая технология "Импульсная объемная штамповка" изначально задумана, как процесс, способный объединить в себе классические технологии, такие как литьё и обработка металла давлением, это позволяет относительно легко получать требуемое формозаполнение с одновременным формированием высоких прочностных свойств изделия. При этом сокращается расход сырья, трудоемкость, энергоемкость, а также расширяется номенклатура используемых материалов. Наряду, с выпуском изделий из однородных материалов, можно производить биметаллические, композиционные и другие изделия для реализации новых конструкционных решений.

Так, например, с помощью данной технологии возможно изготовление деталей, армированных углеродным, вольфрамовым, борным и т.п. волокнами с наполнителем из тугоплавких сплавов типа Ti, Mo, Ta, Nb, Re, что осуществить другими способами довольно проблематично.

В данной статье показан первый этап осуществления поставленной задачи и формирования нового направления. Возможность получения фасонных изделий типа сопел, турбинных лопаток, композиционных изделий, таких как автомобильные клапана, а так же соединений из металлов и неметаллов с различными свойствами будет показана в следующих публикациях. Кроме того, в дальнейших работах будет раскрыта перспектива развития технологии ИОШ, когда с ее помощью появится возможность получать детали с более высокими механическими свойствами, чем обработанных давлением по обычным технологическим схемам.

Начальная стадия развития направления должна была доказать правильность выбранной принципиальной схемы, где в одном устройстве должны совмещаться два способа - процесс литья и процесс обработки металла давлением.

Первая модель установки, на которой опробовано получение расплава и воздействие на него газового давления, была построена в конце 1988 года (рис.1).Эта установка плавила олово, расплав удерживался мембраной свободного прорыва, после получения расплава на него воздействовали давлением воздуха в 25 атм.

Давление газа разрывало мембрану и с большой скоростью перемещало расплав в штамп.

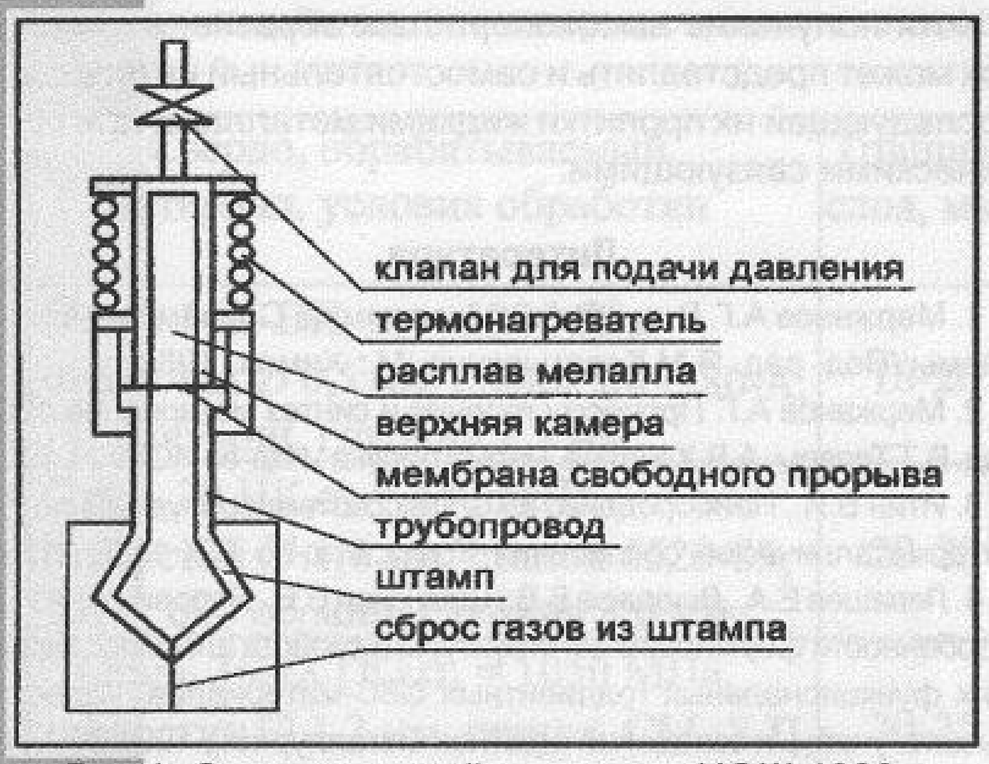


Рис.1. Схема опытной установки ИОШ 1988 г.

Первая установка позволила определить эффективность воздействия газового давления на расплав. Полученная деталь, в виде обращенных друг к другу конусов, точно копировала все неровности и царапины штампа, твердость олова на поверхности изделия была выше, чем в объеме, поры и включения отсутствовали. Кроме того, оправдалась схема расположения приготовливаемого расплава непосредственно над штампом, что упростило конструкцию установки, уменьшило её габариты и позволило обрабатывать расплав, относительно высоким газовым давлением.

В последствии, реагируя на критику оппонентов, утверждавших невозможность применения подобной технологической схемы для обработки тугоплавких конструкционных материалов, таких как железоникелевые или титановые сплавы, автор сконструировал и опробовал вторую модель, где нагреватель сопротивления был заменён на индуктор. Материалом для эксперимента был выбран железоникелевый сплав, который плавился в керамическом тигле.

Установка была построена в начале 1989 года, схема ее показана на рис.2

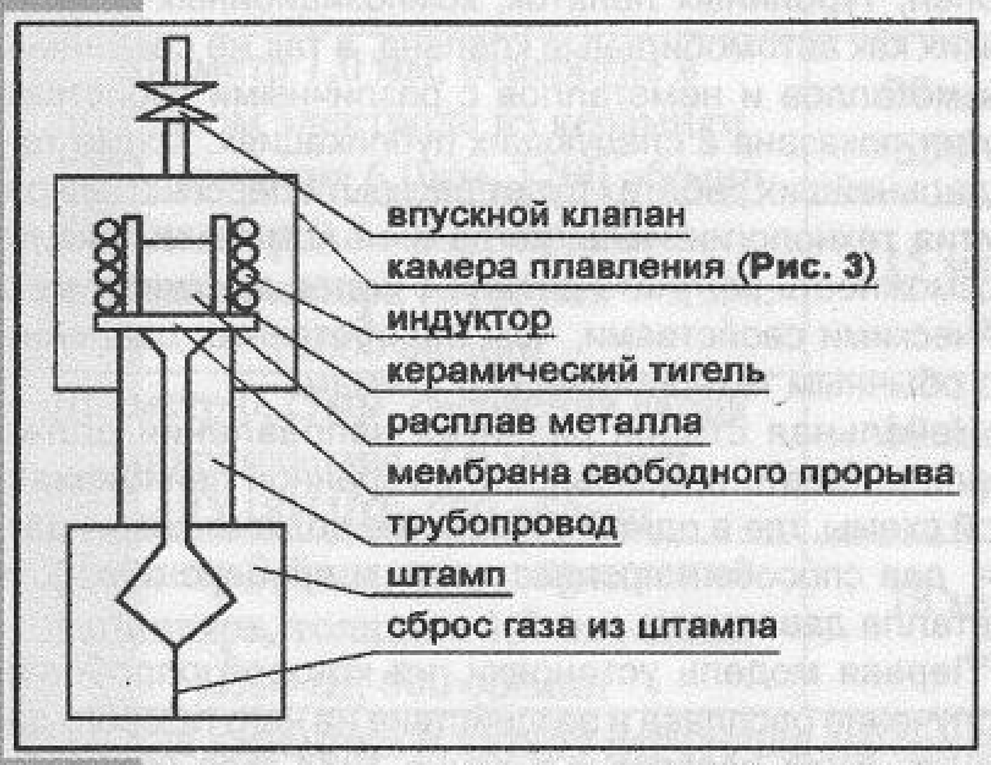


Рис.2. Схема опытной установки ИОШ 1989 г.

После проведения серии экспериментов на установке с применением индукционного разогрева выяснилось, что данная конструкция имеет много недостатков. Так, например, материал тигля при работе с расплавом может разрушаться и загрязнять металл. Сложность конструкции специального индуктора, длительность разогрева и плавления металла, дорогостоящий материал мембраны, заставили изменить конструкцию установки и принцип разогрева металла. На рис. 3 показана схема установки для изготовления фасонных изделий из тугоплавких металлов, где в качестве нагревателя был выбран электро-дуговой разогрев.

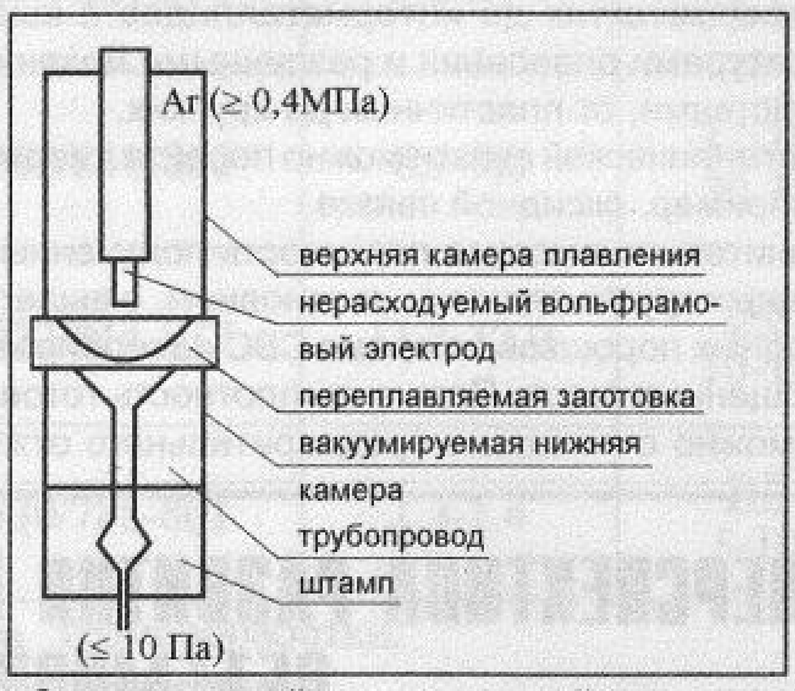


Рис.3. Схема опытной электродуговой установки ИОШ

В качестве переплавляемой заготовки был использован технически чистый титан ВТ-1, электро-дуговой разогрев происходил в среде аргона при давлении 0,4 МПа, а нижняя камера вакуумировалась. Ванна расплава, достигая нижней части заготовки, под действием газового давления автоматически поступала в штамп. На этой установке был получен тонкостенный титановый крестик, его поверхность полностью отображала все неровности формы, оставленные фрезой. Данная установка показала возможность обработки самых тугоплавких металлов, ее конструкция была очень компактна, не содержала мембраны свободного прорыва, специального тигля, материал которого ограничивает температуру плавления металлов и насыщает расплав инородными примесями. Работа на установке не требует применения специальной автоматизированной системы управления.

При вакуумировании трубопровода и штампа наблюдалось хорошее формозаполнение. Конструкция показала свою технологичность и надежность, принцип данного устройства был запатентован. В дальнейшем за последующие 13 лет, было создано много различных технологических схем и способов, но в той или иной мере это были разновидности предложенной "классической" схемы. То есть, расплав подается в штамп сверху вниз, который располагается в непосредственной близости от места приготовления расплава, заготовка берется из того же материала, что и будущая деталь, к форма вакуумируется.

В дальнейшем, анализируя технические возможности созданных конструкций, автор разработки перешёл к созданию теоретических основ процесса, названного в последствии Импульсной Объемной Штамповкой.

Продолжение в последующих номерах журнала.

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ВАЛОВ ЛЕПЕСТКОВЫМИ КРУГАМИ И ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Г.Н. ГОРШКОВ, нач. лаборатории, В.Б. ШАТРОВ, главный инженер, В.М. ШИЛЯЕВ, главный технолог, ОАО НПО "Искра", г.Пермь

Существует большое разнообразие финишных методов обработки наружных и внутренних поверхностей деталей тел вращения. Как правило, финишные операции производятся на шлифовальных станках с использованием очень широкого ассортимента абразивных кругов. Особенно высокое качество деталей обеспечивается на шлифовальных станках с программным управлением. Такое оборудование достаточно дорогое. При отсутствии специального оборудования изыскивается возможность изготовления деталей на имеющемся оборудовании с установкой на него дополнительного технологического оснащения для финишной обработки.

На предприятии обрабатываются ступенчатые валы с размерами: максимальный диаметр - 320 мм, минимальный диаметр -100 мм, длина вала -2700 мм, поле допуска диаметров - h6, допуск цилиндричности - 0,010 мм, шероховатость Ra =1,6-0,8 мкм. Из-за отсутствия шлифовального станка валы после чистового точения отправляются на другое предприятие для шлифования.

Была поставлена задача – достигнуть требуемые технические параметры валов, исключив операцию шлифования на шлифовальном станке и одновременно улучшить качество трущихся поверхностей поверхностным пластическим деформированием, применив технологический комплекс ультрафинишной обработки (УФО).

Важным моментом в решении поставленной задачи является необходимость получения точных геометрических параметров обрабатываемых поверхностей вала перед операцией (УФО). Это связано с тем, что при УФО рабочий инструмент-индентор копирует геометрию обрабатываемой поверхности. А поскольку при токарной обработке происходит изменение диаметров по длине вала (конусность), вызванное износом резца, необходимо было определить величины этих изменений и найти способ их устранения.

Материалом для изготовления валов служат стали: 38ХРЗМФА ГОСТ 4543-71, КП 785 ГОСТ 8479-70, rpV, твердость НВ 293-293, что соответствует 33 HRCэ. После термообработки - $\sigma_в$=110 кг/мм^2, HRCэ = 38 .

При чистовом точении использовались подрезные резцы с пластинками твердого сплава марки Т15К6 с керамическим покрытием из оксида и карбида кремния и без покрытия. Резцы перед нанесением покрытия были тщательно заточены, режущие кромки доведены алмазным кругом с зернистостью 60/40. Измерения обработанных диаметров по сечениям вала после точения дали следующие результаты:

∅100,6 h6($_{-0,025}$) мм, длина L=100 мм – ∅100,52 - ∅100,56 мм;
∅228,6 h6($_{-0,029}$) мм, длина L=185 мм – ∅228,51 - ∅228,54 мм;
∅230,6 h6($_{-0,029}$) мм, длина L=110 мм – ∅230,45 - ∅230,50 мм.

Результаты измерений показывают, что разница размеров в крайних точках не укладывается в поле допуска h6. Увеличение размеров диаметров ступеней по ходу точения происходит из-за затупления режущей кромки кончика резца r = 0,2 мм. Применение пластин с керамическим покрытием обеспечивает приращение диаметра на 0,06 мм на длине L=285 мм , а пластин без покрытия это же приращение на длине L=120 мм. Керамическое покрытие увеличивает стойкость режущей кромки резца. Но этой стойкости недостаточно для обеспечения обработки вала с полем допуска h6 на ступенях длиной L=185 мм и L=285 мм. Шероховатость поверхности после точения Ra =2,5 мкм. Для обеспечения точности диаметров в пределах поля допуска h6 было решено использовать процессы шлифования абразивной лентой и лепестковыми абразивными кругами. В работах [1,2] высказывается сомнение о возможности управления съемом металла при ленточном шлифовании и шлифование лепестковыми абразивными кругами для обеспечивая точности деталей.

С целью устранения конусности на ступенях вала после чистового точения было опробовано последовательное построчное шлифование лепестковыми кругами на участках, где размеры диаметров выходили за поле допуска h6. Ввиду незначительного припуска снимаемого металла, для шлифования были выбраны лепестковые абразивные круги КЛ90х25х12 зернистостью 6-12 из электрокорунда белого. Шлифовальный привод (N=0,44 кВт, n = 12000 мин$^{-1}$) устанавливался в резцедержатель станка. Шлифование проводилось при вращении вала с n =20 мин$^{-1}$ и подаче лепесткового круга S = 0,5 мм/об. Лепестковый круг относительно обрабатываемой детали устанавливался под углом от 5 до 10°. Количество проходов для шлифования определялось из величины припуска, превышающего поле допуска h6, на конкретных участках вала. Съем припуска за один проход колебался от 3 до 5 мкм. Замеры после шлифования дали следующие результаты:

∅228,6 h6($_{-0,029}$) мм – ∅228,50 - ∅228,52 мм;
∅142,6 h6($_{-0,025}$) мм – ∅142,42 - ∅142,40 мм.

Таким образом, шлифованием абразивными лепестковыми кругами на токарном станке можно получить диаметральные размеры с допуском 0,02 мм, но допуск цилиндричности - 0,01 мм не обеспечивается. Очевидно, можно достичь лучших результатов, если провести модернизацию станка с включением активного контроля.

Скорость съема металла, ее зависимость от режимов и характеристик инструмента рассмотрены в работе [3].

Шероховатость поверхности после шлифования не определялась, так как главной задачей было получение не-

обходимых геометрических параметров вала перед УФО.

Технологический комплекс УФО, предназначен для получения заданной шероховатости поверхности при механической обработке изделий из металлов и сплавов методом поверхностного пластического деформирования инструментом, колеблющимся с ультразвуковой частотой.

Технические характеристики комплекса:

Напряжение питания, В	220
Частота питающего напряжения, Гц	50
Потребляемая мощность, кВт	0,25
Тип ультразвукового преобразователя	магнито-стрикционный
Рабочая частота, кГц	22
Статическое усилие прижима инструмента, Н	50 – 300

Отличительной особенностью УФО от других известных методов поверхностного пластического деформирования является значительная скорость деформации. При таком динамическом воздействии на металл изменяются шероховатость поверхности, увеличивается усталостная прочность, пределы текучести и прочности, сопротивление износу на истирание, уменьшается относительное удлинение и сужение.

Технологический комплекс УФО и исследования выполнены по договору с ГУП "ПО Севмаш", г.Северодвинск Архангельской области.

В результате УФО ступеней вала диаметры уменьшились на 0,01мм. Обработка проводилась при скорости вращения детали V=30,0 м/мин и подаче инструмента S=0,15 мм/об, сила прижима инструмента составляла 280 Н. Рабочий инструмент: преобразователь-волновод-индентор закреплялся в резцедержателе станка и через систему плоских пружин копировал геометрию детали, полученную на предыдущей операции. Шероховатость поверхности после УФО – Ra =1,6-0,8 мкм.

Твердость поверхности после точения равнялась 41-42 HRCэ, после УФО – 45-46 HRCэ, Измерение твердости осуществлялось ультразвуковым твердомером УЗИТ-1.

Проведенная работа показывает, что управление процессом шлифования абразивными лепестковыми кругами и УФО позволяет получить точные геометрические параметры вала, заданную шероховатость и повышенную прочность поверхности.

Литература.

1. Паньков Л.А., Костин Н.В., Обработка инструментами из шлифовальной шкурки. Л.:Машиностроение, 1988.

2. Фельдман Е.Ю., Юнусов Ф.С., Бескопирное шлифование крупногабаритных фассоных деталей. Издательство Казанского ГТУ, 1999.

3. Гдалевич А.Н. и др. Полирование деталей лепестковыми кругами. М.: Машиностроение,1980. Новости технологий.

ОАО НПТиЭИ "ОРГСТАНКИНПРОМ"

ОАО Новосибирский проектно-технологический и экспериментальный институт «Оргстанкинпром» предлагает помощь в решении следующих задач, стоящих перед предприятиями:

- приобретение бывшего в употреблении металлорежущего оборудования и его реализацию;
- поставка комплектующих и субблоков к системам ЧПУ 2С42-65, 2Р22,НЦ-31;
- модернизация оборудования и в первую очередь замена устаревших систем ЧПУ и электроприводов;
- выполнение восстановительного ремонта станков с доведением до паспортных характеристик.

ОАО НПТиЭИ "ОРГСТАНКИНПРОМ"

630087, Россия, Новосибирск, пр. К. Маркса, 30

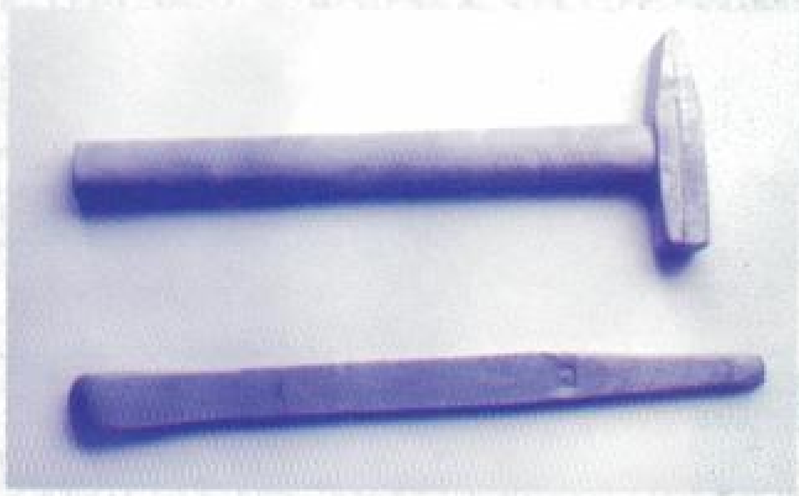
Тел/факс (383-2) 46-37-77, Тел. 46-37-79, 46-39-81

E-mail: ostp@sibproject.ru

ОАО "БИ"
БОГОТОЛЬСКИЙ ИНСТРУМЕНТ

ИНСТРУМЕНТ, ВЫПУСКАЕМЫЙ ОТКРЫТЫМ АКЦИОНЕРНЫМ ОБЩЕСТВОМ "БИ" СОВЕРШЕНЕН ПО КОНСТРУКЦИИ ИЗГОТАВЛИВАЕТСЯ ИЗ СПЕЦИАЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ХРОМИСТОЙ И ХРОМОВАНАДИЕВОЙ СТАЛИ

Плоскогубцы и длинногубцы с диэлектрическими ручками

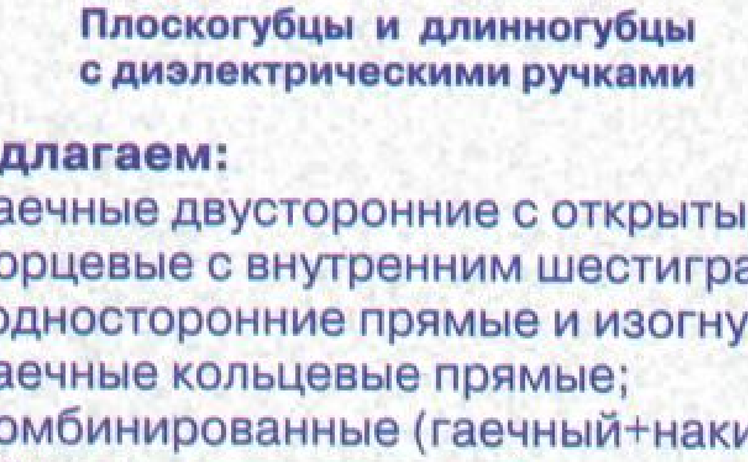


Молотки слесарные, лопатки монтажные

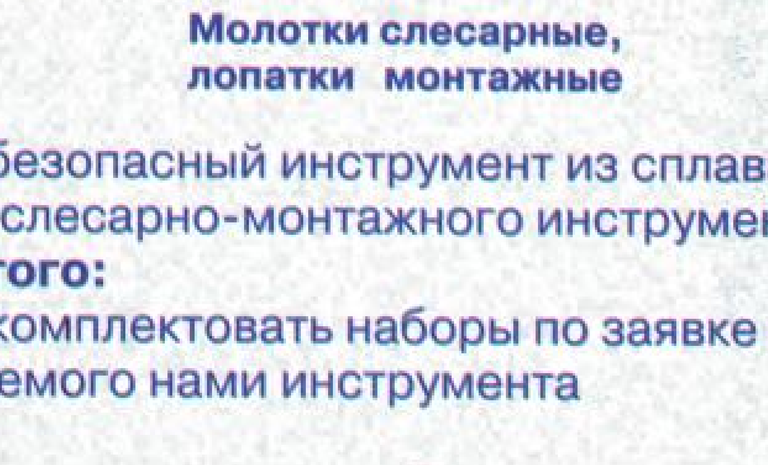
Мы предлагаем:
Ключи гаечные двусторонние с открытым зевом;
Ключи торцевые с внутренним шестигранником двух- и односторонние прямые и изогнутые;
Ключи гаечные кольцевые прямые;
Ключи комбинированные (гаечный+накидной, торцевой+монтажная лопатка);
Зубила слесарные;
Молотки слесарные с ручками и без них;
Отвертки простые и диэлектрические;
Плоскогубцы и длинногубцы с диэлектрическими ручками;
Взрывобезопасный инструмент из сплава ВБ-3;
Наборы слесарно-монтажного инструмента.

Кроме того:
Можем комплектовать наборы по заявке из выпускаемого нами инструмента

Мы готовы сделать для Вас:
Детали методом горячей штамповки и механической обработки;
Инструмент для бурильной техники, изделия из пластмасс;
Пресс-формы, штампы



Ключи гаечные двусторонние с открытым зевом, двусторонние накидные, комбинированные



Ключи торцевые с внутренним шестигранником, прямые двусторонние и изогнутые тип 1, тип 2

Мы приглашаем Вас к деловому и взаимовыгодному сотрудничеству

662000, Красноярский край,
г. Боготол, ул. Элеваторная, 1

факс: (39157) 2-51-52, 2-41-52;
тел. : (39157) 2-51-48, 2-51-49

ИНСТРУМЕНТ СИБИРИ

Научно-технический и производственный журнал

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

Издательский дом «Конверсия»

Научно-технический и производственный журнал «Инструмент Сибири» 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 СНГ.

Подписка на журнал осуществляется через редакцию. Для подписки по безналичному расчету необходимо сделать заявку на подписку. 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 "Инструмент Сибири".

Периодичность издания журнала – 4 номера в год.

Стоимость одного номера – 60 руб.

Стоимость годовой подписки по России с учетом доставки и почтовых расходов – 272 руб.

Стоимость подписки на один номер с учетом доставки и почтовых расходов – 68 руб.

Расценки на размещение рекламы в журнале «Инструмент Сибири» (в рублях с учетом НДС)

Формат	Размер в мм.	Цветная	Черно-белая
1/1	200×280	5000	3500
1/2	170×118, 83×240	2600	1800
1/3	170×78, 83×158	2000	1400
1/4	170×58, 83×118	1500	1100
1/6	83×78	1000	750
1/8	83×58	700	500

Примечание: за публикацию рекламы на 4-й странице обложки – надбавка 20%
Стоимость рекламной статьи – 1500 руб. за полосу.

Адрес редакции: ООО Издательский дом "Конверсия"
630073, г. Новосибирск -73, а/я 50,
тел./ф. (3832) 46-17-07
E-mail: instkon@gcom.ru

Реквизиты: ИНН 5404169033,
Р/с 40702810301000004663 ОАО НСКБ "Левобережный" г. Новосибирск
К/с 30101810100000000834, БИК 045017834

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ И РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

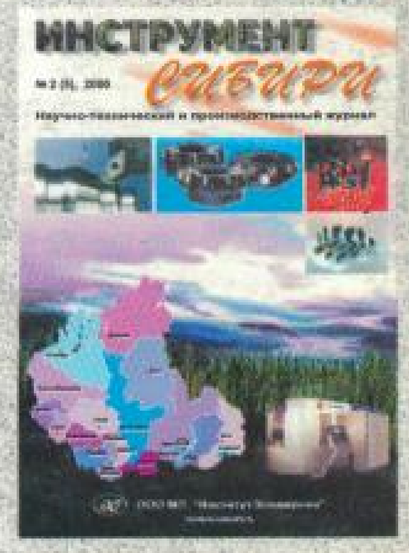
1. Статья, направляемая в журнал "Инструмент Сибири" должна быть сопровождена сведениями об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества, ученой степени, звания, должности, места работы (его адреса), телефона, тел./факса, адреса электронной почты.

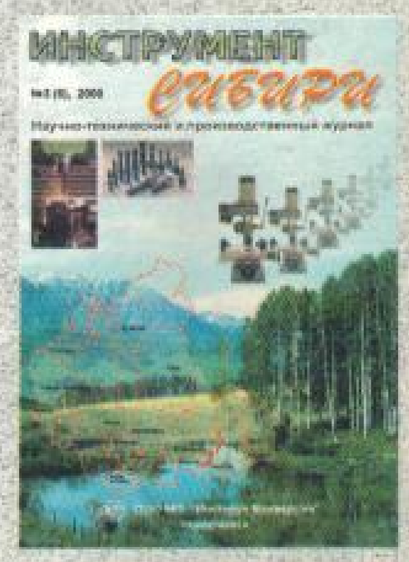
2. Объем статьи не должен превышать 4-5 журнальных полос формата А4, включая таблицы и рисунки.

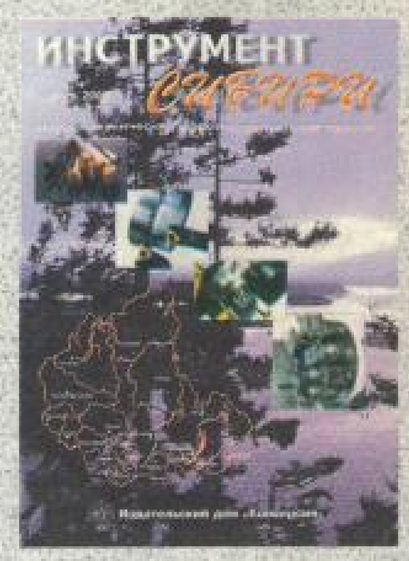
3. Автор (авторы) предоставляют статьи на дискете 3,5" в формате текстового файла ASCII или Microsoft Word версии 6.0 и выше с распечаткой текста и графических материалов.

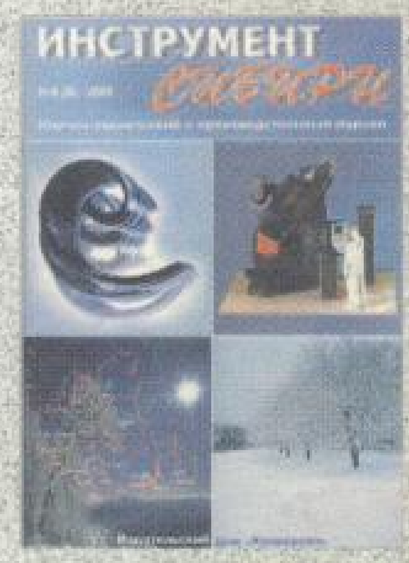
4. Рисунки, фотографии, таблицы, схемы предоставляются в формате TIF, JPG, PIC, PSD, PDF, BMP или GIF, желательно с разрешением не менее 300dpi и с обязательной распечаткой. На обороте указывается (карандашом) фамилия автора, название статьи, номер рисунка (таблицы, формулы и т.д.)

5. Оригинал-макеты рекламы принимаются в электронной версии (с обязательной распечаткой) в формате Corel Draw, версии 7.0, 8.0 или 9.0 или Photoshop, в Corel Draw текст должен быть преобразован в кривые.









Издательский дом «Конверсия»

Предлагает изготовление полиграфической и рекламной продукции с высоким качеством по доступным ценам

Брошюры
Буклеты
Плакаты
Календари
Визитные карточки
Открытки
Методические пособия
Прайс-листы
И многое другое

Для рекламодателей и подписчиков предусмотрены скидки