

ВВЕДЕНИЕ

Одними из основных задач производства авиационной техники являются обеспечение наряду с высокой производительностью необходимой надежности и ресурса в условиях увеличенных нагрузок на рабочие поверхности деталей, особенно при требованиях обеспечения их минимальной массы. Удовлетворение данных задач усложняется широким применением материалов с высокой удельной прочностью для изготовления высоконагруженных деталей, работающих в сложнапряженном состоянии. Все это повышает требования к формированию качества поверхностного слоя их рабочих поверхностей для обеспечения необходимых эксплуатационных характеристик. Это объясняется тем, что в большинстве случаев в условиях циклических нагрузок поверхностный слой материалов деталей воспринимает нагрузку в процессе эксплуатации.

Применяемые в современной авиационной технике высокопрочные материалы имеют высокую чувствительность к концентраторам напряжений и дефектам, возникающим при их механической обработке. С учетом этого к состоянию поверхностного слоя деталей предъявляются специфические требования.

На работоспособность деталей оказывают влияние следующие показатели качества поверхностного слоя [1, 2]:

- профиль микрорельефа обработанной поверхности;
- площадь опорной поверхности;
- минимизация перерезанных волокон, полученных при заготовительных операциях, по отношению к направлениям приложения эксплуатационных нагрузок;
- глубина и степень наклепа поверхностного слоя;
- остаточные напряжения в поверхностном слое (необходимо формирование напряжений сжатия);
- наличие острых рисок;
- наличие альфированного слоя для деталей из титановых сплавов;
- наличие прижогов;
- шаржирование поверхности абразивом.

Кроме того, на эксплуатационные показатели оказывает влияние ряд конструктивных параметров, таких как:

- радиус сопряжения диаметров;
- стенки с полотнами;
- канавки для выхода инструмента и т. д.

Критические значения конструктивных параметров деталей и шероховатости обработанной поверхности для обеспечения необходимых эксплуатационных характеристик регламентированы нормативной документацией ОКБ, ВИАМ, НИАТ и, соответственно, должны быть учтены как при разработке конструкторской документации, так и технологических процессов [3, 4].

Наиболее полное обеспечение названных условий и создание благоприятного качества поверхностного слоя происходит за счет отделочной и упрочняющей обработке пластическим деформированием. Она обеспечивает высокую производительность при формировании поверхностного слоя с требуемыми эксплуатационными характеристиками. Несомненными достоинствами отделочно-упрочняющих методов обработки, по сравнению с формированием поверхности лезвийным инструментом, являются:

- небольшая высота микронеровностей, получение которой лезвийным инструментом затруднено;
- большая площадь опорной поверхности;
- залечивание микродефектов на обработанной поверхности (сглаживание рисок, микротрещин, выровнов и т. д.);
- отсутствие шаржирования поверхности абразивом;
- формирование напряжений сжатия в поверхностном слое;
- повышение микротвердости поверхностного слоя;
- возможность обработки как мягких, так и весьма твердых материалов.

Высокая точность обработки на современных многоцелевых станках с ЧПУ позволяет совместить отделочно-упрочняющие переходы с основной обработкой деталей, что повысит эффективность их применения. На станках с ЧПУ могут быть выполнены следующие виды отделочно-упрочняющих работ:

- алмазное выглаживание;
- раскатывание и обкатывание цилиндрических, торцовых, конических, сферических и радиусных поверхностей многороликовыми мерными инструментами;
- раскатывание и обкатывание цилиндрических, торцовых, конических и радиусных поверхностей и других поверхностей инструментами, не привязанными к форме и размерам обрабатываемых конструктивных элементов деталей.

Дополнительно к отделочно-упрочняющим методам обработки на многоцелевых станках с ЧПУ необходимо отнести следующие виды работ [5, 6]:

- глубокое сверление однокромочными сверлами (ружейными и сверлильными головками с внутренним подводом СОЖ);
- развертывание однокромочными развертками;
- накатывание резьбовых поверхностей.

При планировании выполнения отделочно-упрочняющих операций на станках с ЧПУ необходимо разделять отделочные и упрочняющие виды работ. Критерием разделения является величина внедрения рабочего тела в поверхность, если натяг:

- находится в пределах высоты микронеровностей, сформированных на предшествующих переходах, или незначительно выше нее, и решаемой задачей является только формирование заданной высоты микронеровностей, то обработка поверхности является отделочной, и ее выбор определяется технологом;

- превосходит высоту микронеровностей и превалирующим фактором является формирование напряжений сжатия, то есть имеет место упрочняющая обработка.

В этом случае деталь является особо ответственной, и в технических требованиях в КД должны быть указаны: способ упрочнения, инструкция, в соответствии с которой выполняется упрочнение, и для контроля величины напряжений — значение деформации образца-свидетеля. Технологическая операция является специальной и выполняется на аттестованном оборудовании рабочим, допущенным к выполнению данного вида работ.

ГЛАВА 1

ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛОЧНЫХ И УПРОЧНЯЮЩИХ ПЕРЕХОДОВ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Значительный интерес представляют вопросы совмещения на многоцелевых станках с ЧПУ процессов механического и упрочняющего метода обработки. Дополнительными доводами необходимости совмещения процессов являются:

- исключение погрешности установки в виду обработки с одного установа;
- исключение влияния геометрических погрешностей станков на выполнение переходов, так как механическая и отделочно-упрочняющая обработка производится на одном станке. При выполнении упрочняющих работ на другом оборудовании даже с одной моделью геометрические погрешности оборудования индивидуальны — это может оказывать влияние на колебание нагрузки на упрочняющий инструмент;
- исключение операций шлифования при условии обеспечения заданной точности и, как следствие, дефектов, характерных для данного вида работ, а именно: прижогов и шаржирования абразивом поверхностного слоя;
- возможность упрочнения поверхностей произвольной формы;
- точность воспроизведения траекторий перемещения инструмента при упрочнении конструктивных элементов деталей сложной формы;
- оптимизация натяга при отделочных методах обработки инструментом с одним упрочняющим элементом за счет применения станочной измерительной системы;
- упрощение конструкций инструмента для упрочнения за счет исключения необходимости его плавающего закрепления;
- повышение производительности вследствие исключения затрат времени на транспортировку деталей и подготовку другого оборудования для выполнения упрочняющих операций.

Все упрочняющие методы обработки условно разделяются:

- на отделочные, выполняемые только с целью снижения высоты микронеровностей;
- упрочняющие, целью которых является повышение усталостной прочности деталей за счет формирования на поверхности сжимающих остаточных напряжений.

На многоцелевых станках с ЧПУ возможно включение в операции механической обработки следующих отделочных и упрочняющих переходов, таких как:

- формообразование отверстий, в том числе и относительно небольшой глубины (до 5 диаметров ружейными сверлами);
- развертывание отверстий однокромочными развертками;
- алмазное выглаживание;
- обкатывание и раскатывание роликами;

- обкатывание и раскатывание шариками с гидродинамическим нагружением;
- раскатывание и обкатывание многороликовыми инструментами;
- обкатывание радиусов впадин резьбовых поверхностей;
- накатывание резьбовых поверхностей.

Как правило, в настоящее время применение ружейных сверл и однокромочных разверток, несмотря на достижение высокой точности и качества обработанной поверхности, не рассматривается как отделочная операция.

Современные многоцелевые станки с многорежимными станциями подачи СОЖ под давлением позволяют реализовать данные переходы при направлении сверл по пилотным отверстиям [5, 6]. Наличие в их конструкциях направляюще-выглаживающих элементов (направляющих колодок) позволяет отнести их (применительно к программному оборудованию) к отделочным инструментам. Необходимо учитывать, что направляющие колодки также в некоторой степени упрочняют поверхностный слой.

Процессы отделочной и упрочняющей обработки отличаются только разностью прилагаемого давления со стороны рабочих тел на обрабатываемые поверхности. Необходимое давление зависит от формы рабочего тела, приложенной к нему силы и площади контакта с формируемой поверхностью. Для мерных упрочняющих инструментов (многороликовые раскатники и обкатники) необходимое давление формируется за счет разности размеров инструмента и детали (натяга). Для однороликовых или имеющих рабочую часть в виде сферы и инструментов с гидродинамическим напряжением необходимое давление создается прилагаемой силой или давлением гидравлической жидкости. Заданная величина нагрузки для инструмента с одной точкой контакта также может быть задана разностью размеров между ранее обработанной поверхностью и настроенным размером упрочняющего инструмента. Значение натяга для отделочной обработки может быть задано величиной микронеровностей, полученных на предшествующей обработке, а для упрочняющей — на основании отраслевых нормативных документов (отраслевые стандарты, руководящие технологические материалы, технологические рекомендации и производственные инструкции). Стабильность отделочно-упрочняющих процессов при программной обработке может быть обеспечена применением следующих циклов обработки.

1. Для инструментов, привязанных к размерам выглаживаемой или упрочняемой поверхности:
 - инструментальная наладка подводится к поверхности, и выполняется заданный переход по программе. Исполнительные размеры инструмента задаются при подготовке наладки к работе. При этом размеры, полученные при подготовке инструмента к работе, заносятся в его паспорт. Размеры для настройки приводятся в действующей в отрасли нормативной документации (производственные инструкции, технологические рекомендации).
2. Для инструментов, не привязанных к размерам выглаживаемых или упрочняемых поверхностей:
 - выполняется измерение датчиком фактического размера обработанной поверхности, и производится подвод инструментальной наладки на размер, не-

обходимый для обеспечения натяга, с учетом фактического размера детали. Данный цикл применяется для отделочной обработки поверхностей, условием для его применения является повторяемость выхода в позицию исполнительных механизмов станка; не должна превышать половину высоты микронеровностей, сформированных на предшествующих переходах. Для отделочной обработки натяг, как правило, находится в пределах максимальной высоты микронеровностей.

3. Также для инструментов, не привязанных к размерам выплавляемых или упрочняемых поверхностей, выполняется измерение датчиком фактического размера обработанной поверхности, и производится подвод инструментальной наладки на полученный размер плюс дополнительное перемещение, необходимое для создания заданного натяга, необходимого для упрочнения или отделки данной поверхности;
- дополнительное перемещение инструмента определяется по тарифовочному графику, индивидуальному для каждого инструмента даже одного наименования. Дополнительное перемещение и данные тарифовочного графика (даты выполнения тарифовки и очередной проверки) заносятся в паспорт детали;
- необходимая нагрузка на инструмент создается дополнительным перемещением. Необходимое перемещение задается специальным контролером, измеряющим силу или давление рабочей среды (для инструментов с гидростатическим нагружением), при этом сила или давление в процессе обработки регистрируется на внешний носитель информации (диаграммную ленту или файл);
- заданная нагрузка на инструмент выполняется после его подвода к упрочняемой поверхности детали вручную во время технологической паузы. Перед технологической паузой инструмент подводится к поверхности детали по программе на размер больше или меньше заданного на 0,2...0,5 мм, в зависимости от ее расположения (наружная или внутренняя), по запрограммированной команде «M5» выключается вращение шпинделя, и активируется технологическая пауза, далее вручную, посредством перемещения инструмента наладочным маховичком, обеспечивают контакт с поверхностью детали и при его дальнейшем перемещении по индикатору устанавливают необходимую для выполнения перехода нагрузку. Далее отменяют паузу, по программе включают вращение шпинделя и плавно увеличивают частоту его вращения до рабочей, выполняют программируемый переход. Естественно, в технологическом паспорте детали указывают установленное значение нагрузки по индикатору и дату проверки инструмента для упрочнения (только для упрочняющей обработки).

Применение инструментальных наладок для упрочнения с заданием и регистрацией нагрузок посредством дополнительных контролеров значительно упрощает комплексную (лезвийную и упрочняющую) обработку на оборудовании с ЧПУ. Их использование исключает программирование технологических пауз для настройки необходимой нагрузки на упрочняющий инструмент вручную по индикатору и обеспечивает инструментальный контроль упрочняющих переходов путем записи параметров на диаграммные ленты или электронные носители информации. Кроме того, это позволяет упростить конструкции инструмента для упрочнения за счет исключения их подпружиненных частей. Дополнительным доводом

в сторону применения жестких инструментов является возможность его применения для упрочнения поверхностей валов и отверстий с канавками в направлении подачи, что недопустимо для подпружиненных конструкций.

При отделочных методах происходит смятие в пределах высоты микронеровностей (R_z), а при упрочнении имеет место более глубокое уплотнение слоя металла. Схема формирования микронеровностей применительно к неподвижному (относительно корпуса) деформирующему элементу инструмента приведена на рисунке 1.1.

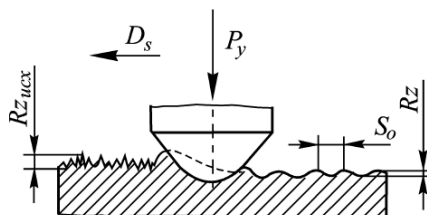


Рис. 1.1

Схема формирования микрорельефа поверхности неподвижным деформирующим элементом упрочняющего инструмента:

$R_{зисх}$ — высота микронеровностей, полученная при лезвийной обработке, мкм; R_z — высота микронеровностей после выполнения отделочно-упрочняющей обработки, мкм; S_o — подача на оборот, мм/об.; P_y — сила, прилагаемая к рабочей части инструмента, Н; D_s — направление подачи.

Аналогично происходит формирование микрорельефа обработанной поверхности и при обработке отверстий ружейными сверлами и однокромочными развертками, за исключением того, что нагрузка на выглаживающие элементы (направляющие колодки) формируется силами резания, и смятие микронеровностей выполняется двумя неподвижными (относительно инструмента) направляющими элементами. Расположение направляюще-выглаживающих колодок в корпусах сверл и разверток одностороннего резания приведено на рисунке 1.2.



Рис. 1.2

Схема расположения направляюще-выглаживающих колодок в корпусах ружейных сверл и однокромочных разверток

Различие в работе всех инструментов для отделочно-упрочняющих методов обработки заключается в способах создания нагрузки на деформирующие элементы, а именно:

- при выполнении отделочно-упрочняющих переходов к инструменту, привязанному к форме и размерам обрабатываемой поверхности, нагрузка на его

рабочие элементы создается за счет его настройки на размеры, отличающиеся в большую или меньшую сторону от размеров обрабатываемой поверхности. Сформировавшийся при этом натяг определяет силы, приложенные к деформирующим элементам, и условия выполнения перехода (отделки или упрочнения поверхности). Применение данного инструмента возможно только для поверхностей, имеющих точность 6...9 квалитетов, для более грубых квалитетов создание необходимого давления из-за больших полей допусков затруднено. Теоретически возможно измерение фактических размеров и настройка инструмента на размеры, обеспечивающие необходимый натяг, но это связано с простоем оборудования в ожидании установки необходимых размеров, что недопустимо для станков с высокой стоимостью часа работы;

- при выполнении отделочно-упрочняющих переходов к инструменту, не привязанному к размерам и форме формируемой поверхности, нагрузка, определяющая условия его работы, создается внешней прилагаемой силой или давлением для наладок с гидростатическим нагружением. Приложенная сила или давление определяют условия работы (отделка или упрочнение поверхности);
- для ружейных сверл и однокромочных разверток нагрузка на деформирующие элементы создается за счет сил резания;
- для метчиков-раскатников — вследствие упругопластических деформаций;
- при накатывании резьбы имеют место оба способа приложения нагрузок, в зависимости от конструкций накатных головок.

Все инструменты для отделочной и упрочняющей обработки на многоцелевых станках с ЧПУ можно разбить на следующие группы.

1. Инструменты с неподвижными (относительно их корпусов) деформирующими элементами; к ним относятся выглаживатели (инденторы), однокромочные сверла, сверлильные головки и развертки, а также метчики-раскатники.
2. Инструменты с вращающимися упрочняющими элементами (обкатники и раскатники).
3. Инструменты с гидростатическим нагружением вращающихся рабочих тел.
4. Инструменты с наложением ультразвуковых колебаний на рабочее тело.
5. Комбинированные инструменты с режущей и деформирующей рабочей частью.

К первой группе относятся инструменты для отделочной обработки методом выглаживания неподвижными наконечниками. Рабочая часть наконечника может быть оснащена природным или техническим алмазом, возможно применение наконечников, оснащенных синтетическими алмазами, кубическим нитридом бора и твердым сплавом. Наиболее часто рабочая часть наконечника имеет форму сферы, несколько реже применяют коническую или цилиндрическую форму. В эту группу можно дополнительно включить метчики-раскатники. Они изготавливаются из легированных инструментальных и быстрорежущих сталей.

Ко второй группе относятся инструменты для отделочной и упрочняющей обработки методом пластической деформации поверхностного слоя вращающимися рабочими телами, имеющими форму цилиндра (ролика), диска или

шара. Дополнительно в эту группу можно условно включить резьбонакатные головки. Рабочие тела изготавливаются из легированных инструментальных и быстрорежущих сталей. Возможно применение твердых сплавов.

К третьей группе относятся инструменты для отделочной обработки методом выглаживания вращающимся наконечником в форме шара, расположенного в гидростатическом подшипнике. Шар может быть изготовлен как из твердых сплавов, так и из легированных инструментальных и быстрорежущих сталей. Возможно применение упрочняющих элементов, особенно из карбидно-оксидной, нитридно-оксидной и керамики на основе соединений кремния.

К четвертой группе относятся инструменты для отделочной обработки методом выглаживания неподвижным наконечником с наложением ультразвуковых колебаний. Практически все инструменты первой группы позволяют выполнять обработку с наложением ультразвуковых колебаний.

К пятой группе относятся комбинированные конструкции инструментов, имеющих режущие кромки для лезвийной обработки и деформирующие элементы; к ним можно отнести ружейные сверла и специальные сверлильные головки, в основном для станков токарно-фрезерной группы, специальные исполнения алмазных выглаживателей, расположенных после режущей пластинки, комбинированные расточные головки с раскатывающей частью и т. д. Рабочие и деформирующие части для сверл и головок всегда изготавливаются из твердых сплавов. Причем режущие и направляюще-упрочняющие части могут быть изготовлены из разных марок твердых сплавов, за исключением инструментов с монолитной рабочей частью. Для деформирующих частей комбинированных инструментов, особенно с вращающимися упрочняющими элементами, возможно применение инструментальных сталей.

Вращение рабочих поверхностей у инструментов для упрочнения и отделки поверхностей обеспечивает не только уменьшение износа деформирующих элементов, но и работы трения и, как следствие, снижение температуры в зоне пластического контакта. Кроме того, появляется возможность увеличения прилагаемых нагрузок.

Физико-механические характеристики материалов деталей, для которых возможно применение отделочных или упрочняющих переходов различными типами инструментов, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

**Физико-механические характеристики упрочняемых материалов
в зависимости от типа инструмента**

Тип инструмента	Материал рабочего тела	Твердость HRC	Материалы деталей
Алмазные выглаживатели	Алмаз	≤65	Легированные стали типа 25ХГСА, 30ХГСА, 40ХНМА, 40ХНВА и др. Высокопрочные стали типа 30ХГСНА, ЭИ643, ВКС и др. Высокопрочные нержавеющие стали типа ВНС. Антифрикционные медные сплавы
	синтетический алмаз	≤62	
	кубический нитрид бора	≤62...65	
	твердый сплав	≤55	

Тип инструмента	Материал рабочего тела	Твердость HRC	Материалы деталей
Накатники и раскатники с гидростатическим нагружением рабочего тела	Керамика	≤65	Легированные стали типа 25ХГСА, 30ХГСА, 40ХНМА, 40ХНВА и др. Высокопрочные стали типа 30ХГСНА, ЭИ643, ВКС и др. Высокопрочные нержавеющие стали типа ВНС. Титановые сплавы. Антифрикционные медные сплавы
	твердый сплав	≤55	
	инструментальные стали	≤45	
Накатники и раскатники с механическим нагружением	С рабочими элементами из инструментальных сталей, в том числе и быстрорежущих	≤45	Титановые сплавы. Деформируемые алюминиевые сплавы. Антифрикционные медные сплавы. Высокопрочные нержавеющие стали типа ВНС. Антифрикционные медные сплавы
Накатники и раскатники с конической формой рабочей части	С рабочими элементами из твердых сплавов	≤55	

Для высокопрочных алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой, критичен нагрев выше 150°C, а для титановых сплавов — более 500°C (для жаропрочных титановых сплавов допускаемая температура значительно выше). Нагрев сплавов алюминия выше указанной температуры вызывает их разупрочнение в тонких поверхностных слоях, что несколько снижает эффективность упрочнения, а для сплавов на основе титана превышение температуры сопровождается ростом химической активности и, как следствие, их активным взаимодействием с окружающей средой, следствием чего является образование в поверхностном слое оксидов и нитридов, т. е. тонкой пленки альфированного слоя. Следовательно, при планировании отделочно-упрочняющих операций при прочих равных условиях предпочтение следует отдавать инструменту с вращающейся рабочей частью. Выглаживателям (инденторам) следует отдавать предпочтение при обработке:

- тонкостенных конструктивных элементов деталей; их обработка возможна из-за низких прилагаемых нагрузок;
- поверхностей высокой твердости (до 65 HRC); возможность обработки в этом случае обеспечивается рабочими телами из естественных или искусственных алмазов, а также из мелкозернистого кубического нитрида бора.

При выполнении отделочных или упрочняющих переходов инденторами (выглаживателями) необходимо учитывать теплопроводность рабочего тела и коэффициенты трения, т. е. необходимо назначать скорость резания из условия «непревышения» температурных ограничений. Кроме того, для снижения температуры необходимо применять активные СОЖ на масляной или водной основе. Кроме охлаждения СОЖ обеспечивает снижение коэффициентов трения скольжения. Для этого концентрация СОЖ на водной основе должна быть порядка 10% (даже на станках токарной группы). Коэффициенты теплопроводности и трения материалов рабочей части инденторов (выглаживателей) приведены в таблице 1.2 [7].

**Коэффициенты теплопроводности и трения скольжения
для различных материалов рабочей части инденторов**

Материал рабочей части	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Коэффициенты трения для упрочняемого материала	
		Стали	Алюминиевые сплавы
Технический алмаз	142,5	0,08...0,1	0,06...0,07
Синтетический алмаз АСПК	142	0,14...0,18	0,10...0,12
Мелкозернистый кубический нитрид бора	60...80	0,2...0,4	0,12...0,15
Твердый сплав ВКЗМ	13...80	0,25...0,3	0,15...0,2
		Титановые сплавы	0,25...0,4

Примечание: применение для выглаживания титановых сплавов природных и синтетических алмазов возможно только с наложением ультразвуковых колебаний из-за их интенсивного износа и наростообразования, применение металлических смазок для снижения трения необходимо согласовывать с ВИАМ.

Схема формирования рельефа обработанной поверхности инструментами с вращающимися рабочими элементами приведена на рисунке 1.3.

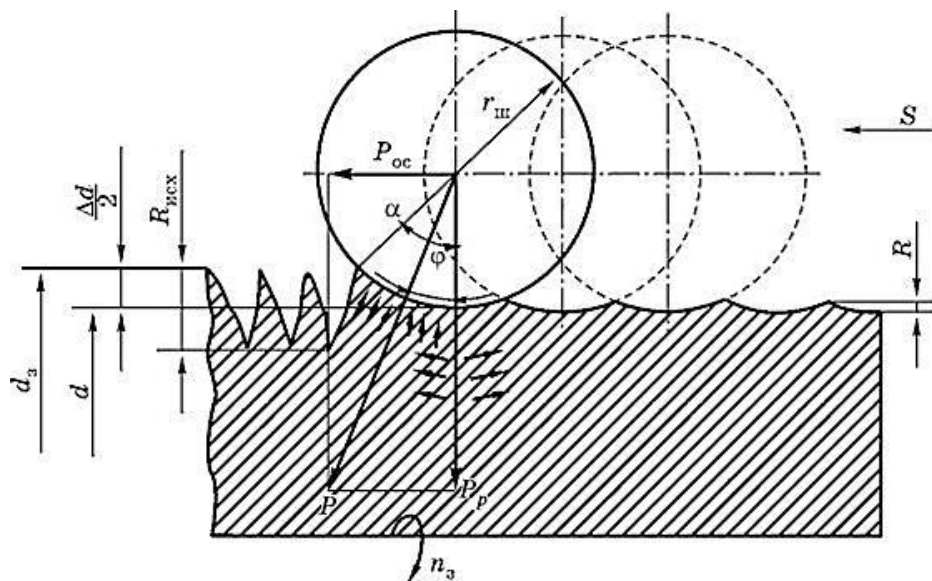


Рис. 1.3

Схема формирования рельефа обработанной поверхности
инструментами с вращающимися рабочими элементами:

d_z — исходный диаметр детали; d — диаметр после обкатывания; $R_{исх}$ — шероховатость поверхности перед обкатыванием; R — шероховатость после обкатывания; $r_{ш}$ — радиус шарика или рабочей части ролика; P_p — прилагаемая сила; P_o — сила подачи; P — результирующая сила; S — направление подачи.

Для сравнения изменения условий работы деформирующих элементов коэффициенты трения качения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Коэффициенты теплопроводности и трения качения для различных материалов рабочей части обкатников

Материал рабочей части	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Коэффициенты трения для упрочняемого материала	
Инструментальные стали	142,5	Стали	0,001...0,005
		Алюминиевые сплавы	0,006...0,007
		Титановые сплавы	0,010...0,15
Твердый сплав ВКЗМ	13...80	Стали	0,0005...0,001
		Алюминиевые сплавы	0,003...0,005
		Титановые сплавы	0,005...0,010

При выполнении отделочных операций контролю подлежит только высота микронеровностей. Ее измерение необходимо выполнять на приборах, а для контроля допускается применение специальных аттестованных образцов шероховатости. При этом обязательно полное соответствие состояния марок материалов, пределов прочности или твердости, а также методов обработки для сверл глубокого сверления или отделочно-упрочняющих переходов.

Упрочнение является специальным процессом, в связи с этим необходима регистрация параметров ее выполнения. Регистрации подлежат:

- параметры инструмента (в зависимости от его типа — натяг, прилагаемая сила или давление жидкости для гидростатических инструментов);
- режимы выполнения (подача, частота вращения шпинделя).

При упрочнении кроме измерения шероховатости поверхности дополнительно выполняют косвенную проверку соответствия упрочнения заданным параметрам по образцам-свидетелям.

Применение отделочных и упрочняющих методов обработки на станках с ЧПУ обеспечивает повышение:

- классов чистоты обработанных поверхностей;
- износостойкости пар трения;
- усталостной прочности и малоциклового выносливости;
- коррозионной стойкости деталей, особенно работающих в активных средах, таких как повышенная влажность, прежде всего, в морских условиях;
- производительности труда за счет концентрации операций на одном рабочем месте, упрощения логистики и в целом сокращения длительности производственных циклов;
- исключение операций шлифования, суперфиниширования, хонингования и в ряде случаев полирования и, как следствие, снижение технологической себестоимости.

ГЛАВА 2 ТИПОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, ОТДЕЛКА И УПРОЧНЕНИЕ КОТОРЫХ ВОЗМОЖНА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Типовые конструктивные элементы деталей, подвергаемых отделочной или упрочняющей обработке, приведены на рисунках 2.1...2.5 [8...10].

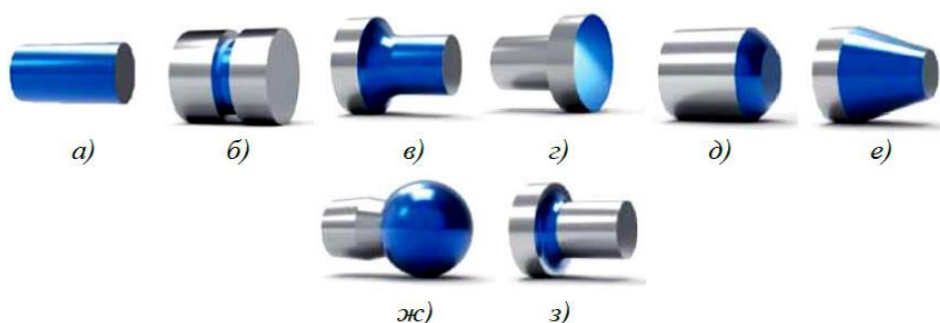


Рис. 2.1

Наружные поверхности вращения

где: *а* — цилиндрическая поверхность; *б* — канавка; *в* — цилиндрическая с галтелью; *г* — плоский торец; *д* — сфера на торце; *е* — наружный конус; *жс* — сфера; *з* — галтель.

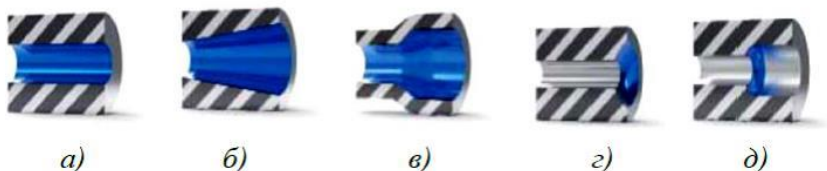


Рис. 2.2

Внутренние поверхности вращения:

а — внутренняя цилиндрическая поверхность; *б* — внутренний конус; *в* — внутренняя фасонная поверхность; *г* — вогнутая сфера; *д* — внутренняя галтель.

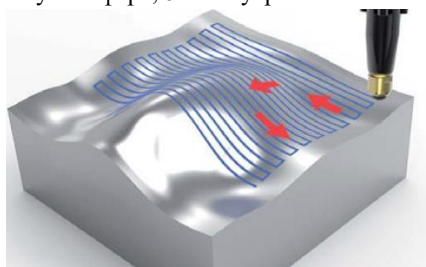


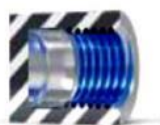
Рис. 2.3

Поверхности сложной формы



Рис. 2.4

Поверхности вращения сложной формы



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.5

Резьбовые поверхности:

а — наружная резьба; *б* — внутренняя резьба; *в* — коническая резьба; *г* — наружная резьба с двух сторон от бурта.

Для резьбовых поверхностей необходимо иметь в виду, что их упрочнение может выполняться двумя способами, а именно: обкатыванием или раскатываем только радиусов впадин и путем полного формообразования резьбы пластическим деформированием. Кроме отделочных и упрочняющих переходов возможно формообразование рифлений, мелко модульных зубчатых венцов, имеющих упрочненную поверхность (рис. 2.6).



Рис. 2.6

Рифления на цапфе вала

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru