

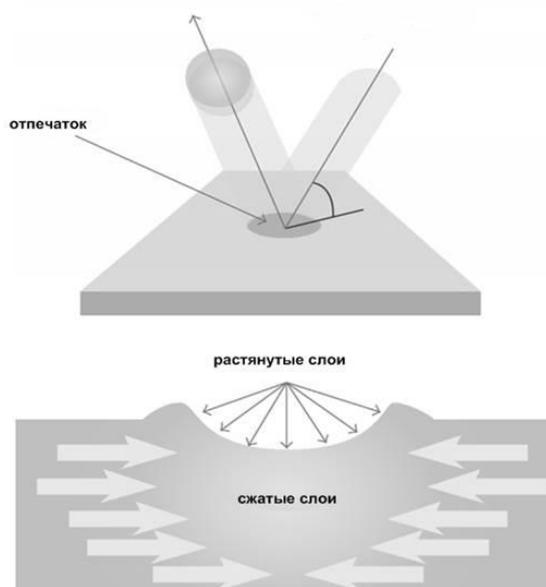
**6 Динамические методы отделочно-
упрочняющей обработки**
6.1 Дробеударное упрочнение

Дробеударное упрочнение



Дробеударная упрочняющая обработка представляет собой процесс поверхностного пластического деформирования рабочими телами в виде стальной, чугунной, керамической дроби различных размеров, происходящий при ударном взаимодействии дроби с поверхностью обрабатываемой детали. Дробь направляется на обрабатываемую деталь в виде потока (потоков), с заданной скоростью и в определённом направлении.

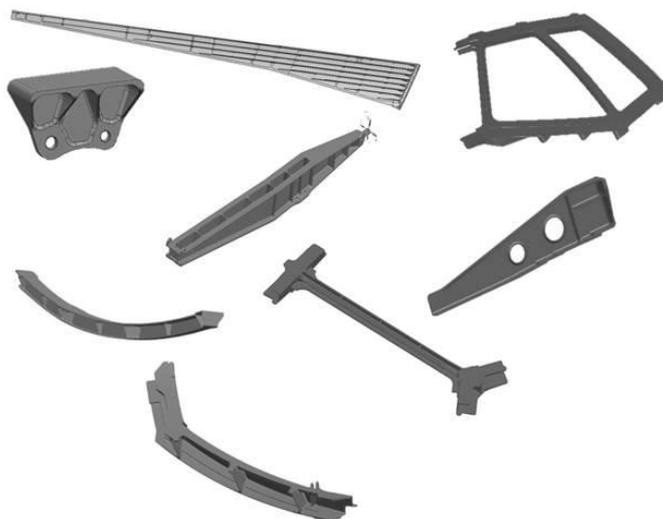
Дробеударное упрочнение



В результате такой обработки обеспечивается повышение сопротивляемости материала обработанной детали усталостному и коррозионным разрушениям в результате наведения в поверхностном слое остаточных сжимающих макронапряжений, повышения микротвёрдости, снижения значений шероховатости и улучшения микрогеометрии поверхностного слоя.

Максимальная величина остаточных напряжений сжатия после выполнения дробеобработки может составлять $(0,5 - 0,7)\sigma_B$ материала обрабатываемой детали, при этом толщина пластически деформированного слоя может достигать до 0,6 мм.

Дробеударное упрочнение



Типовые детали упрочняемые дробью

Упрочнение дробью рекомендовано для деталей: работающих в условиях знакопеременных нагрузок, вызывающих усталостные разрушения; работающих в условиях абразивного и окислительного изнашивания; работающих в условиях контактно-усталостных напряжений.

Дробеударное упрочнение



Рабочие тела для дробеобработки

Рабочие тела, применяемые для дробеударной обработки можно классифицировать по следующим признакам: по материалу, по форме, по размеру.

Для изготовления дроби применяют: высокоуглеродистую сталь, низкоуглеродистую сталь, чугун, стекло, керамику.

Рабочие тела для дробеобработки



Дробь стальная литая

По форме стальная дробь подразделяется на: литую, рубленую, рубленую обкатанную.

Рабочие тела для дробеобработки



Дробь из рубленой проволоки

Рубленый вид дроби производится путем разрезания высокоуглеродистой стальной проволоки, либо проволоки из нержавеющей стали на равные части определенной длины и дальнейшей обкатки полученных частиц.

Отметим, что рубленая дробь без обкатки не используется для упрочнения, она является заготовкой для получения обкатанной.

Рабочие тела для дробеобработки



Дробь обкатанная из рубленой проволоки

По степени обкатки рубленая дробь из проволоки подразделяется на следующие типы:

G1 – первичная обкатка;

G2 – двойная обкатка;

G3 – особая обкатка, при этом частицы представляют собой идеально круглые шарики.

Рабочие тела для дробеобработки



Дробь чугунная литая

Для упрочнения также применяют чугунную литую дробь, частицы которой имеют сферическую форму, иные формы чугунной дроби применяют в других областях.

Стальная дробь является тем типом дроби, который наиболее часто используется для упрочнения. Чугунная дробь при ударе разрушается и оставляет на поверхности небольшое количество чугуна. Это явление может сказываться на адгезионных свойствах некоторых покрытий.

Рабочие тела для дробеобработки



Дробь стеклянная

Дробь из стекла и керамики имеет правильную сферическую форму.

Стеклянная дробь применяется при дробеструйной обработке высокоточных деталей т.к. после удара на поверхности остаются отпечатки малого размера. Недостатком стеклянной дроби является её малый ресурс – около 8 циклов и необходимость аэросепарации для удаления ломаной дроби между циклами. Стеклянная дробь широко применяется для обработки нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов для придания товарного вида.

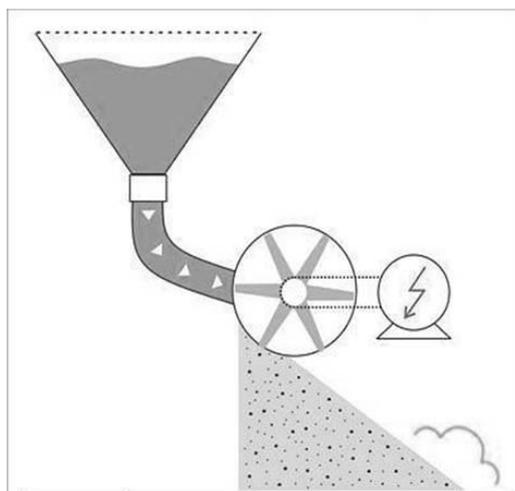
Рабочие тела для дробеобработки



Дробь керамическая

Керамическая дробь является наиболее перспективным типом дроби. Химическая инертность позволяет применять её для упрочняющей обработки алюминиевых, титановых сплавов, углеродистых и легированных сталей. Исключительная механическая прочность при высокой степени износостойкости, ударопрочность и низкое пылеобразование; упругие свойства допускают обработку с высокой энергией удара особенно в сравнении со стеклянной дробью. Деталь не загрязняется частичками железа и имеет гладкую, глянцевую поверхность, что снижает затраты на очистку после упрочнения. Благодаря низкому коэффициенту трения керамическая дробь обеспечивает большой ресурс оборудования и оснастки.

Дробеударное упрочнение



Дробебетная обработка

Различают два основных вида дробеударной обработки: дробебетная при которой разгон дроби осуществляют с помощью лопаток вращающегося дробебетного колеса и дробеструйная обработка в которой разгон дроби осуществляется с помощью энергии сжатого воздуха или жидкости, подаваемых через сопло.

Рассмотрим основные типы дробебетных установок:

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеметная установка проходного типа

Установки проходного типа применяют для обработки поверхности деталей, имеющих значительную длину. Проходные промышленные камеры отличаются простотой эксплуатации, высокой эффективностью.

Оборудование для дробеударной обработки

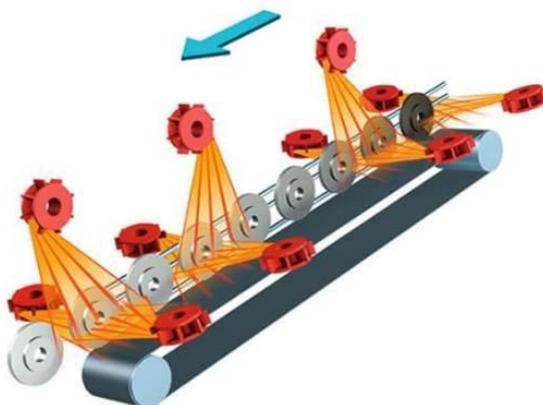


Установка дробемётная программная УДП-2-2,5

Основная область использования установок проходного типа – серийное производство.

Дробеударное упрочнение

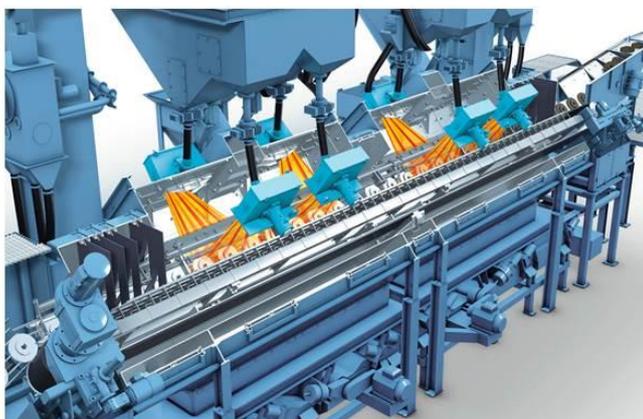
Оборудование для дробеударной обработки



Дробеметная установка ленточным
наклонным конвейером

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки

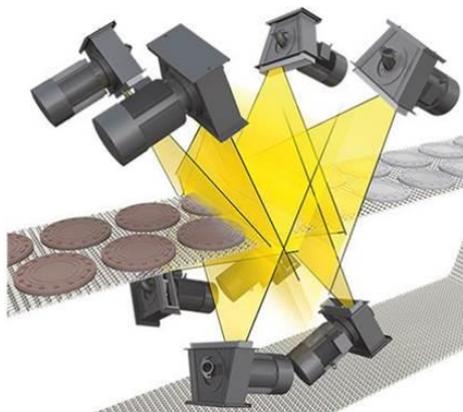


Дробеметная установка ленточным
наклонным конвейером

Установки с ленточным наклонным конвейером подходят для обработки лёгких деталей.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробебетная установка ленточным сетчатым конвейером

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки

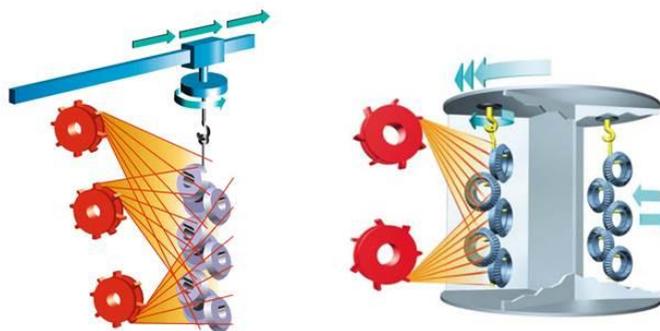


Дробебетная установка ленточным сетчатым конвейером

Установки с ленточным сетчатым конвейером легко встраиваются в автоматическую систему подачи и быстро обрабатывают большое число деталей, которые будут одинаково обработаны снизу и сверху, что важно для стабильности формы изделий.

Дробеударное упрочнение

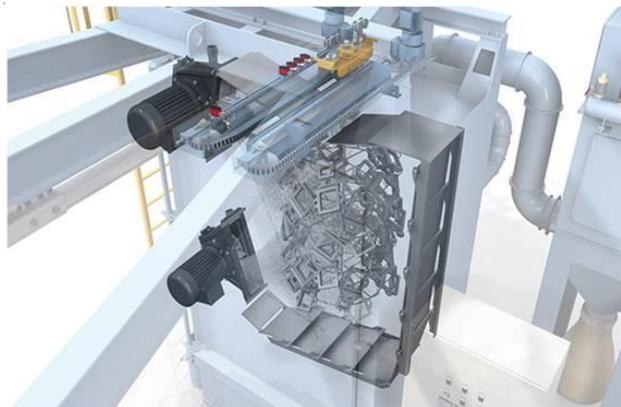
Оборудование для дробеударной обработки



Дробеметная установка с подвесом

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеметная установка с подвесом

Дробеметная установка с подвесом используется при обработке деталей, имеющих большой разброс по габаритным размерам или требующим отсутствия контакта с другими деталями. В процессе обработки подвес поворачивается.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеударная установка с подвесом

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеударная установка с подвесом

Дробеударное упрочнение

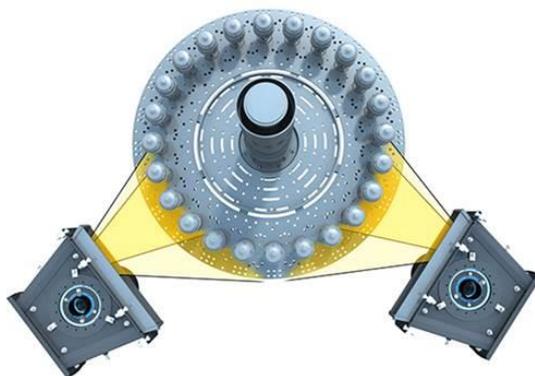
Оборудование для дробеударной обработки



Дробеударная установка с поворотным столом

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеударная установка с сателлитным столом

Дробеударная установка с поворотным столом.

Схема с поворотным столом позволяет обрабатывать детали массой от 1 кг до нескольких десятков тонн.

Оборудование для дробеударной обработки

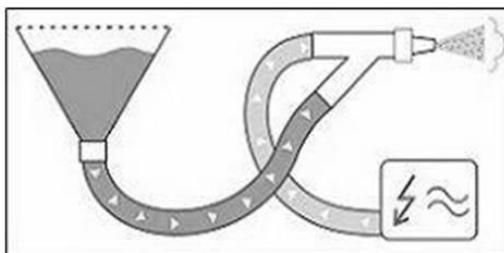


Схема эжекторной системы разгона дробы

Дробеструйные установки по способу подачи дробы подразделяют на эжекторные и напорные.

В дробеструйных эжекторных системах струйный пистолет является также вакуумным насосом, который за счет явления эжекции подаёт дробь в сопло для окончательного разгона.

Оборудование для дробеударной обработки

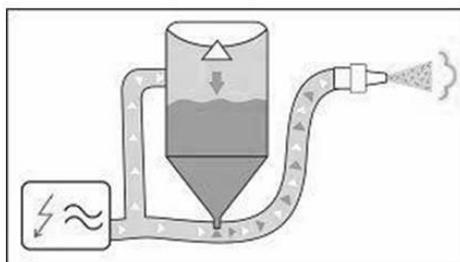


Схема напорной системы разгона дробы

В напорных системах дробь выдавливается за счет давления воздуха из напорной емкости в поток сжатого воздуха и транспортируется по шлангу в виде готовой смеси к соплу.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеструйная обитаемая камера

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеструйная обитаемая камера

Основные виды дробеструйного оборудования таковы:

Для струйной обработки крупногабаритных конструкций распространено использование обитаемых камер.

Как правило, в обитаемых камерах используются напорные схемы подачи и разгона рабочих тел.

Оборудование для дробеударной обработки



Ручной дробеструйный кабинет

Ручные дробеструйные кабинеты применяют для обработки деталей небольших размеров.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Ручной дробеструйный кабинет со встроенной
напорной емкостью

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Ручной дробеструйный кабинет с отдельно стоящей
напорной емкостью

Кабинеты могут быть с напорной или с эжекторной системой разгона дробы.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеструйная установка проходного типа

Дробеструйные установки проходного типа используются для обработки изделий в поточной линии. Возможные транспортировочные устройства - роликовые конвейеры (рольганги); резиновые конвейерные ленты; выкатные тележки.

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки



Дробеструйная установка с поворотным столом

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки

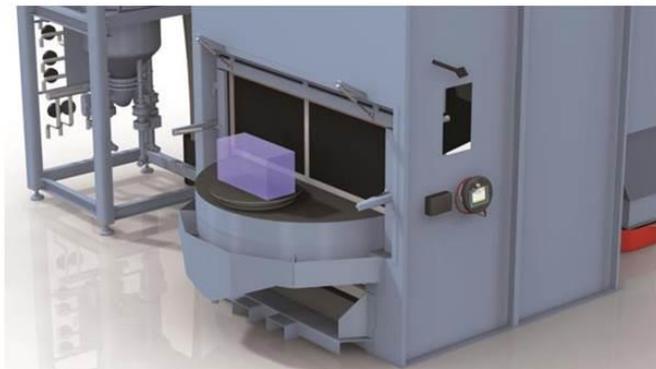


Дробеструйная установка с поворотным столом

Дробеструйные установки с поворотным столом. Стол является основанием для крепления обрабатываемой детали.

Дробеударное упрочнение

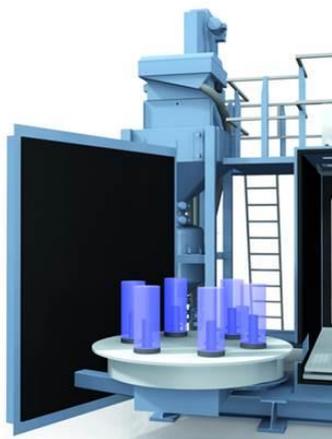
Оборудование для дробеударной обработки



Дробеструйная установка с сателлитным столом

Дробеударное упрочнение

Оборудование для дробеударной обработки

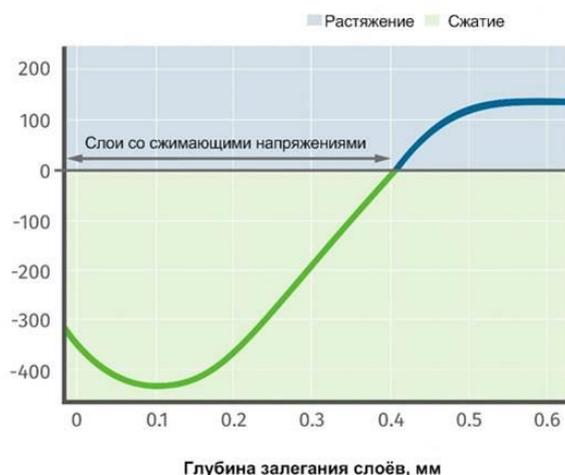


Дробеструйная установка с сателлитным столом

Дробеструйные установки с сателлитным столом.

Установки с сателлитным столом рекомендуется применять для обработки симметричных деталей малых размеров.

Остаточные напряжения после дробеобработки



Основные преимущества упрочнения дробью следующие:

Относительная простота конструкции дробеударных установок; концентрированный поток дроби, более высокая степень и глубина упрочнения.

Недостатки упрочнения сухой дробью следующие:

Эпюры остаточных напряжений после дробеударного упрочнения имеют характерный вид. Остаточные напряжения сжатия у поверхности меньше, максимальные напряжения возникают в более глубоких слоях.

При дробеупрочнении деталей параметр шероховатости повышается в среднем на величину от 2,5— до 5 мкм в зависимости от обрабатываемого материала, при некоторых методах и режимах обработки возможно и уменьшение шероховатости.

Дробеударное упрочнение деталей производится после механической обработки, формообразования, химического фрезерования, зачистки поверхности, термообработки и старения.

Перед упрочнением проверяют форму и размеры детали, исходную шероховатость упрочняемых поверхностей. Детали на упрочнение должны поступать чистыми без следов масел, жира, любых покрытий и плёнок.

Закрепление деталей на дробеударной установке должно обеспечивать:

– надёжность, эластичность, исключение возможности повреждения поверхности детали, возможно меньшую площадь поверхности деталей, закрытую крепежной оснасткой;

– деталь в закреплённом состоянии должна висеть свободно и схема крепления не должна придавать её какого-либо напряжённого состояния.

После упрочнения запрещается выполнение каких-либо технологических операций, которые могут устранить, уменьшить остаточные сжимающие напряжения в деталях.

Качество дробеударного упрочнения в значительной степени зависит от контрольных операций, которые выполняются до упрочнения, в процессе обработки и после нее, а также постоянного мониторинга за параметрами процесса.

Обязателен периодический контроль размеров и формы дроби, регистрация его результатов.

Гранулометрический анализ для установления фракционного состава дроби проводят путем просеивания пробы через сита с соответствующими размерами ячеек с последующим взвешиванием.

Количество некондиционных частиц определяют откатывая фиксированное количество дроби по наклонной плоскости, на которой остаются частицы неправильной формы. Процентное содержание этих частиц не должно превышать установленное значение.

В технологическом процессе упрочнения деталей на ранее упомянутой установке УДП-2-2,5 установлены следующие требования к качеству используемой дроби:

Размер дроби от 0,6 мм до 1,2 мм, при этом применяемая дробь должна иметь фракционный диапазон не более 0,2 мм, например, от 0,6 мм до 0,8 мм.

Твёрдость применяемой дроби должна быть 45-55 HRC. Допустимое количество некондиционной дроби не должно превышать 10% от всей массы дроби, загружаемой в установку. Дробь должна быть чистой и сухой, в ней не должно быть пыли, грязи, масла, ржавчины, песка и других загрязнений, а также посторонних предметов и скомкавшейся дроби.

Контроль деталей перед дробеобработкой

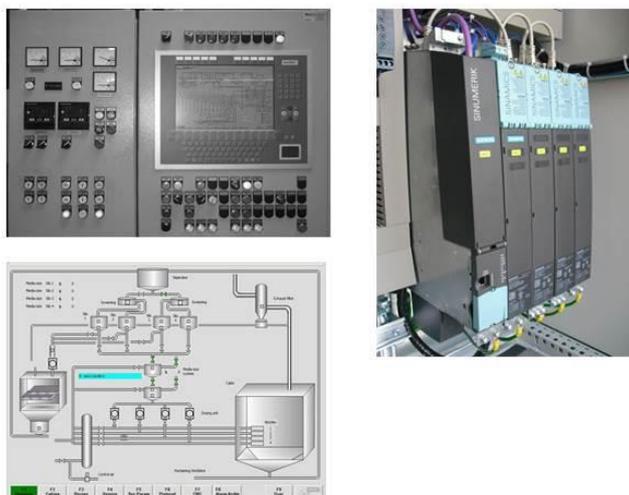


В процессе упрочнения контролируют следующие технологические параметры: частота вращения дробеметных аппаратов, давление сжатого воздуха при подаче дроби, время обработки, скорость подачи деталей, количество рабочих ходов и т.д.

После упрочнения деталь контролируют по сплошности, однородности обработки и шероховатости упрочненной поверхности визуальным сравнением с аттестованными образцами-эталоном.

Дробеударное упрочнение

Контроль параметров дробеобработки



Дробеударное упрочнение

Контроль интенсивности упрочнения ППД по методу Алмена

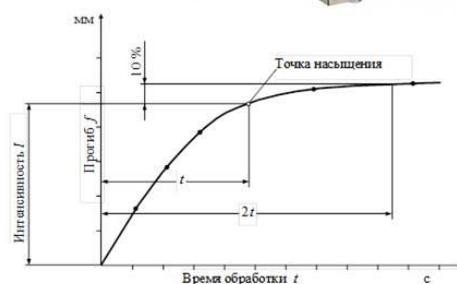
Характеристика контрольных пластин Алмена

Тип	Материал пластин	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Отклонение от плоскостности, мм
A	SAE 1070 (аналог 65Г)	76,2±0,4	18,9 _{-0,19}	1,32±0,025	±0,038
C				0,81±0,025	
N				2,41±0,025	



Пластины Алмена и приспособление для измерения их прогиба

Приспособление для закрепления пластин Алмена



Кривая насыщения по Алмену

Интенсивность обработки контролируется по величине стрелы прогиба специальных образцов-свидетелей (контрольных пластин), обработанных с одной стороны. Данный метод, известный за рубежом как тест Альмена, а также особенности его применения в отечественной практике 41 были рассмотрены на предыдущих занятиях.

Дробеударное упрочнение

Обработка деталей после дробеударного упрочнения



После упрочнения детали из алюминиевых и титановых сплавов должны храниться на специальных стеллажах в условиях, исключающих возможность появления коррозии.

При выполнении дальнейших операций температура нагрева деталей, подвергнутых дробеударному упрочнению не должна превышать 100°C.

Дробеударное упрочнение

Обработка деталей после дробеударного упрочнения



С целью предупреждения появления коррозионных поражений, детали обрабатывают в растворе азотной кислоты.

Обработка деталей после дробеударного упрочнения



Химическую обработку деталей с целью удаления следов железа с их поверхности следует начинать не позднее 10 суток прошедших после начала выполнения операции упрочнения.