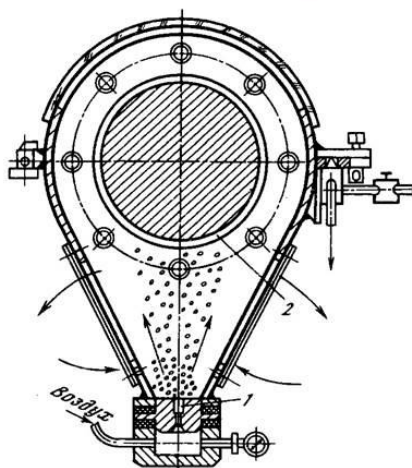


6.4 Пневмодинамическая и центробежно-ударная обработка деталей

Пневмодинамическое упрочнение — это метод, в котором шарики или дробь, размещенные в замкнутой камере, разгоняются устройством для подачи сжатого воздуха, подхватываются вверх струей и ударяются об обрабатываемую заготовку, закрепленную внутри камеры. После этого шарики падают вниз и снова увлекаются вверх струей воздуха.

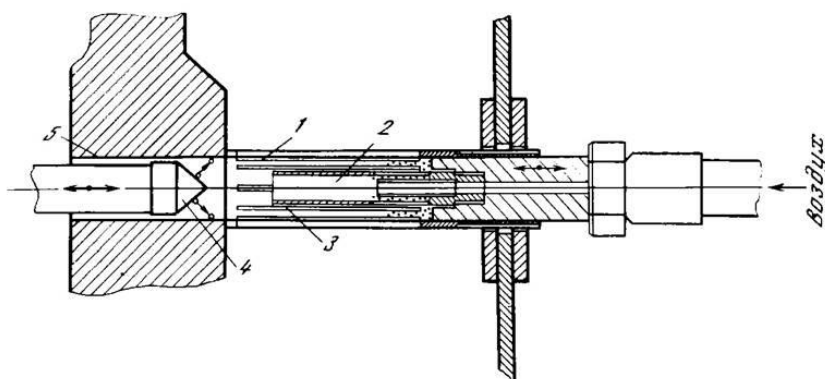
Пневмодинамическая обработка это разновидность дробеструйной обработки. Пневмодинамическое упрочнение — это метод, в котором в качестве инструмента применяются стальные шарики диаметром 2...3 мм, размещенные в замкнутой камере, ограниченной боковыми стенками и крышкой, внутри камеры— обрабатываемая деталь, снизу — устройство для подачи сжатого воздуха, разгоняющее шарики. В процессе работы установки шарики или дробь подхватываются вверх струей воздуха и ударяются об обрабатываемую заготовку. После этого шарики падают вниз и снова увлекаются вверх струей воздуха, минуя бункер, обычно имеющийся в установках для обработки дробью. Преимущества этого метода – малые габариты и металлоемкость камеры, меньший объем деформирующих тел, чем при дробеструйном процессе упрочнения.

Конструкция установки для пневмовибродинамической обработки



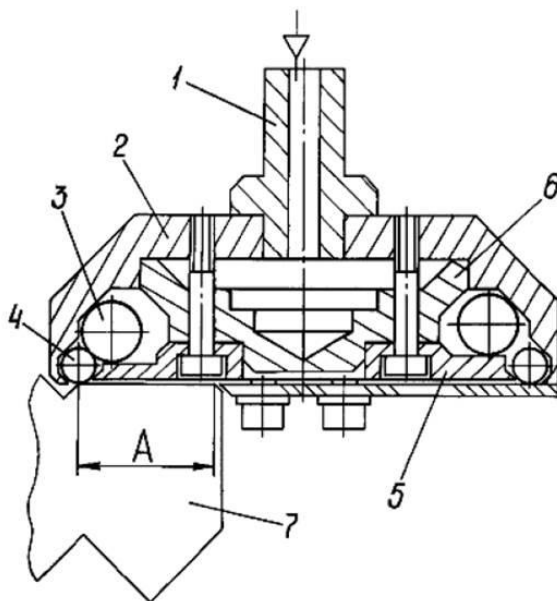
Принцип работы пневмодинамической камеры основан на образовании направленного воздушного потока, выходящего из щелевидного сопла 1. Струя воздуха, увлекает стальные шарики, находящиеся у среза сопла, и направляет их на заготовку 2. Отраженные от ее поверхности шарики падают под собственным весом и устремляются к соплу, где они опять подхватываются струей сжатого воздуха. Происходит замкнутая циркуляция шариков в объеме камеры, они находятся в постоянном движении и наносят множество хаотичных ударов за время операции. Для обработки всех сторон поверхности деталь вращается или, если необходимо, стороны обрабатывают поочередно. К технологическим параметрам относят: давление воздуха 300 – 700 КПа, скорость шариков 10-15 м/с, расположение детали от сопла – 50...100 мм, время обработки от 5 до 30 мин. Возможность регулирования режимов в широких пределах позволяет получить различные значения кинетической энергии инструмента, что позволяет достичь значительные изменения в выходных параметрах деталей. Процесс, например, повышает предел выносливости деталей на 10-25%. Пневмодинамическая установка обладает рядом преимуществ перед дробеструйной обработкой. Она не требует дробепроводящих путей, подвергающихся быстрому износу. Благодаря наличию изолированному объему рабочей камеры при обработке происходит многократное соударение шариков с обрабатываемой поверхностью.

Конструкция устройства для пневмовибродинамической обработки отверстий



Пневмодинамическое сопло предназначено для упрочнения отверстий от 10 мм, глубиной до нескольких диаметров. Возможность перемещения сопла внутри отверстия позволяет производить равномерное упрочнение всей поверхности. Принцип работы сопла основан на образовании воздушного потока, выходящего из эжектора 2 со стальными шариками и направленного на конусный отражатель 4. Он вводится в отверстие упрочняемой детали с обратной стороны. Шарiki, отраженные от него обрабатывают поверхность отверстия. Разделитель 3 служит для сепарации направленного и отраженного потоков шариков. Сопло 1 и отражатель 4 жестко связаны между собой и имеют одну осевую подачу. Процесс позволяет создавать сжимающие остаточные напряжения до 900 МПа и повышать малоцикловую долговечность до 5 раз у дисков из жаропрочного никелевого сплава ЭИ698.

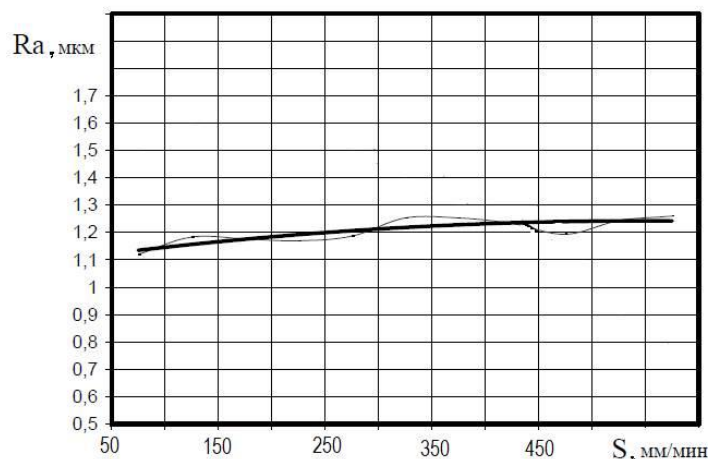
Конструкция инструмента для пневмовибродинамической обработки



Необходимость повысить эффективность воздействия на плоскость обработки привело к созданию разнообразных конструкций пневмовибродинамической обработки, в основе которых лежит механизм импульсного воздействия рабочих элементов (шаров) в сочетании с движением вибрации. Пример такого инструмента состоит из оправки с корпусом 2, в котором расположены приводящие и деформирующие шары, позиции 3 и 4 соответственно. Оба кольцеобразных ряда шаров зафиксированы в камере посредством диска 5 и стакана 6. В стакане 6 выполнены сопла, предназначенные для направления струй сжатого воздуха на приводящие шары 3. Для исключения соударения приводящих шаров с деформирующими в холостой зоне участок дорожки качения приводящих шаров на диске 5, расположенный вне зоны обработки, выполняется со специальным профилем, на нем предусмотрен участок с углом подъема, в результате чего приводящие шары при переходе с рабочей зоны инструмента в холостую приподнимаются над деформирующими шарами, в итоге их контакт исключается. Шары имеют многоосное вращение относительно собственного центра масс и перемещение в турбулентном кольцевом потоке сжатого воздуха. Инструмент применяют при обработке плоских поверхностей, ширина которых меньше диаметра расположения центров деформирующих шаров, т.е. размер А.

Пневмодинамическая обработка. Влияние технологических факторов на качество

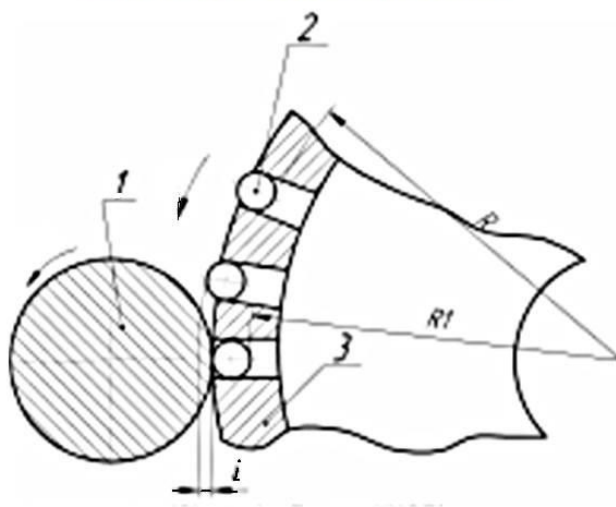
Изменение шероховатости поверхности при пневмовибродинамической обработке



Материал СЧ20 $Ra_{исх}$ 1,25 мкм.
Давление воздуха 0,2 МПа

Разнонаправленное силовое воздействие шаров на исходный микрорельеф способствует созданию благоприятных пластических сдвигов слоев металла и его деформационному упрочнению. Шероховатость же практически не меняется. Поэтому пневмовибродинамическую обработку проводят на наиболее производительных режимах, ограниченных только допустимым санитарным уровнем шума.

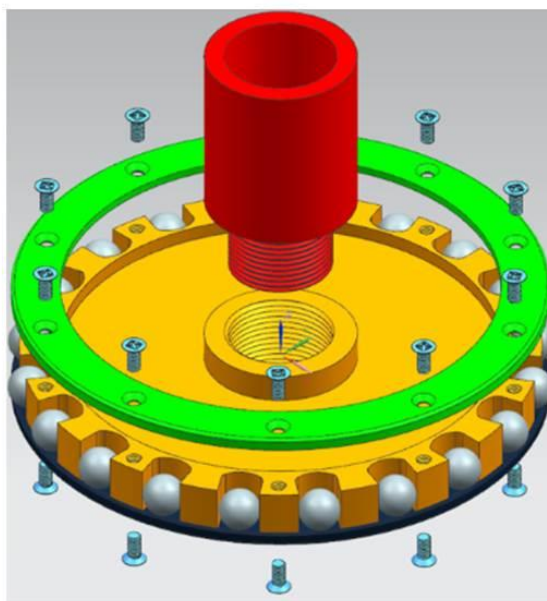
Схема процесса обработки



Многokратное ударное воздействие одним деформирующим шариком реализуется и в других процессах упрочняющей обработки.

Суть центробежно-ударной обработки инструментами ротационно-ударного действия заключается в следующем. При вращении диска 3 свободно сидящие шарики 2 под действием центробежных сил выступают над цилиндрической поверхностью на величину i . Заготовка 1 и диск вращаются и перемещаются относительно друг друга. Шарики ударяют по обрабатываемой поверхности, оставляя отпечатки в виде лунок. Межосевое расстояние, устанавливаемое между диском и заготовкой, обеспечивает пересечение поверхности заготовки траекторией наиболее выступающей части шариков. Встречное направление вращения диска инструмента и заготовки повышает эффект упрочнения из-за возрастающей суммарной кинетической энергии. Крепится инструмент на шлифовальные и фрезерные станки в шпиндель. Обработке подвергаются как наружные поверхности вращения, а так же плоские поверхности.

Конструкция универсального инструмента



Эффективность упрочнения, производительность и применимость зависят от схемы, конструкции и принципа действия упрочнителя.

Конструкция инструмента проста. Для крепления на станке в диск, содержащий пазы для размещения шариков, а так же буферы или отражатели, вворачивается держатель с соответствующим конусом: наружным – для фрезерных станков, внутренним - для шлифовальных. Кольца крепятся к диску с двух сторон, так, чтобы шарики не выпадали. Кольца выполнены с заневоливанием и закаливаются до высокой твердости, т.к. являются быстро изнашиваемыми элементами, они подвержены разбивке шариком. Инструмент тщательно балансируется, т.к. скорость вращения может достигать 40 м/с. Допускаемое радиальное биение внутренней поверхности колец относительно оси не должно превышать 0,05 мм, иначе непостоянство натяга приведет к нестабильному упрочнению поверхности. В процессе обработки под действием циклической нагрузки происходит износ и самого шарика. В результате происходит образование технологических дефектов, таких как отдельные царапины, риски, вмятины, заусенцы и др. Одним из новых и перспективных направлений развития по повышению стойкости такого инструмента, а также для удержания смазочного слоя в зоне контакта является нанесение на рабочую поверхность инструмента композиции фторсодержащих ПАВ, которые носят общее название - ЭПИЛАМЫ. Технология эпиламирования из всех известных технологий нанесения износостойких покрытий и методов повышения стойкости инструмента наиболее универсальна, применима к инструменту любой формы из самых различных материалов и позволяет получить комплекс свойств поверхности не достижимый для других технологий.

Рекомендуемые режимы обработки

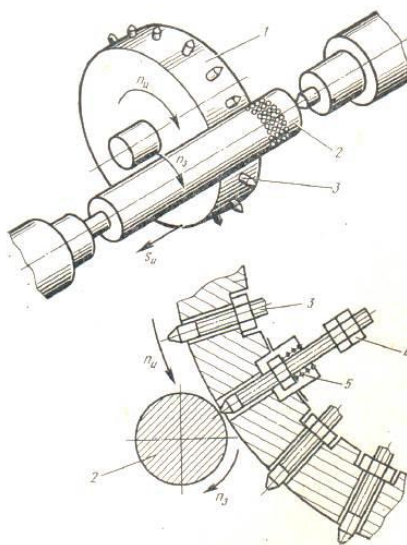
Материал детали	Окружная скорость диска, м/мин	Подача, мм/мин	Натяг, мм	Повышение микро-твердости, %
Сталь	1000 – 2500	20 – 70	0,1 – 0,25	15 – 55
Медные сплавы	500 – 1000	10 – 100	0,05 – 0,1	25 – 45
Алюминиевые сплавы	500 – 800	10 – 80	0,02 – 0,15	25 – 35

Количество рабочих ходов - 2

Сила удара как основного фактора воздействия на поверхность зависит от таких параметров как окружная скорость вращения инструмента V , натяга i , числа шаров Z , их диаметра $d_{ш}$, массы рабочего тела m , продольной подачи S , числа рабочих ходов k . Параметры выбираются исходя из свойств обрабатываемых материалов. Результатом применения процесса центробежно-ударной обработки становится следующее. Параметр шероховатости поверхности снижается до $Ra=0.4...0.8$ при исходном значении $Ra=0.8...1,6$ мкм. Это зависит от материала, рабочего усилия, конструкции инструмента и т.д. Твердость поверхности при упрочнении увеличивается на 30% при глубине наклепанного слоя до 0,3мм. Кроме этого, замеры остаточных напряжений показали плавное их распределение с максимумом у поверхности, что также дополнительно способствует увеличению противоизносных характеристик. Усталостная долговечность может быть повышена в 3 раза.

Центробежно-ударная обработка. Применение

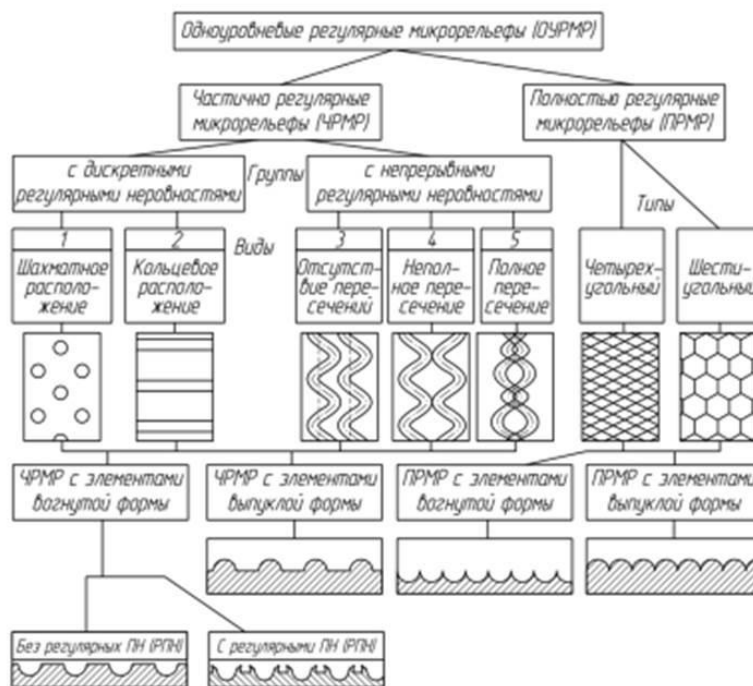
Схема процесса для образования регулярного рельефа



Цетробежно-ударная обработка применяется и для образования регулярного микрорельефа. Создавая на поверхностях регулярный рельеф разной формы и расположения относительно вектора скорости можно существенно влиять на эксплуатационные свойства. Так регулярный рельеф, полученный упрочнением поверхностного слоя, позволяет повысить на 20% прочность листов при изгибе и на 25% их усталостную прочность. Механизм формирования регулярного микрорельефа в процессе обработки заключается в том, что при вращении заготовки и диска с деформирующими элементами в одном направлении с одновременным перемещением устройства обрабатываемая поверхность покрывается отпечатками деформирующих элементов.

В зависимости от соотношения параметров режима обработки и движений может быть получен как частично регулярный микрорельеф различных разновидностей, так и полностью регулярный микрорельеф, когда обрабатывается поверхность сплошь покрыта отпечатками деформирующих элементов.

Центробежно-ударная обработка. Применение



Существуют различные их виды это шахматное расположение неровностей, кольцевое расположение на цилиндрах, отсутствие регулярных пересечений неровностей, неполное пересечение неровностей и полное пересечение. Все границы отпечатков представляют собой плавные выступы. Их высота например для стали 4 – 5 мкм, поэтому она ни как не влияют на конструктивные параметры сопряжения. Однако хорошо удерживает масло в парах трения, ведь следует иметь в виду, что стремление повысить гладкость сопрягаемых поверхностей и уменьшить зазор с целью снижения удельных контактных нагрузок не всегда ведет к желаемому результату. При трении деталей с локальным контактом в условиях реверсивных относительных перемещений с малыми амплитудами одновременно протекают процессы разрушения смазочных пленок, предотвращающих схватывание, и их восстановление при взаимодействии голых участков со смазочной средой. Для восстановления пленок необходимо, чтобы среда могла проникать хотя бы периодически к некоторым участкам сопрягаемых поверхностей. Поэтому для повышения противозадирной стойкости на трущиеся поверхности часто наносят регулярный рельеф, что уменьшает эффект «пленочного голодания». На плоских деталях, работающих в подобных условиях, целесообразно оставлять неглубокие впадины правильной тетрагональной или гексагональной ориентации, например, путем центробежно-ударной обработки после шлифования мелкозернистыми кругами. При этом данную технологию легко осуществить на одном оборудовании.