

6.2 Виброударное упрочнение деталей

В данном разделе курса мы рассмотрим использование колебаний как полезного явления для выполнения поверхностной обработки деталей. Такой способ обработки получил широкое распространение в конце 50-х годов прошлого века

Среди всего многообразия методов отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием виброударное упрочнение занимает особое место.

Область применения виброударного упрочнения

Цели:

- формирование в поверхностном слое деталей остаточных напряжений сжатия ;
- локализация вредного воздействия поверхностных микродефектов;
- формирование благоприятной структуры микронеровностей.

Результат:

- повышение регламентированной усталостной, коррозионной и контактной прочности.

Главной целью процесса является формирование в поверхностном слое детали сжимающих напряжений, локализация вредного воздействия поверхностных микродефектов, а также формирование благоприятной структуры микронеровностей.

Результатом процесса является повышение усталостной, коррозионной и контактной прочности, существенно увеличивающее ресурс.

Сущность процесса виброударного упрочнения

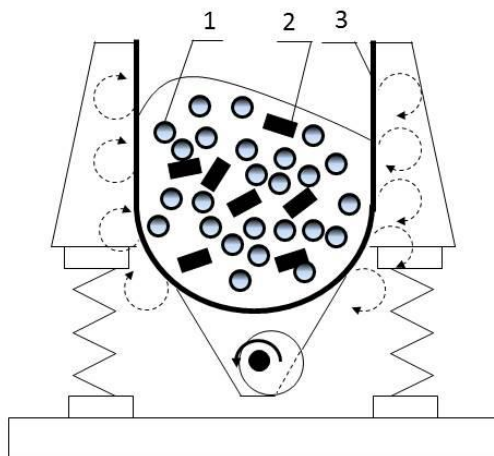


Схема процесса:

1 – рабочие тела (стальные шарики)

2 – обрабатываемые детали

3 – колеблющийся контейнер

Ударное воздействие упрочняющей среды о поверхность детали реализуется посредством принципа с вибрирующим контейнером. Упрочняющий эффект достигается за счёт кинетической энергии частиц обрабатывающей среды, сообщаемой им стенками контейнера.

Примеры упрочняемых деталей с полостями



Корпус турбонасосного агрегата



Турбина

Неоспоримым преимуществом виброударного упрочнения является возможность выполнения процесса для литых деталей с наличием внутренних полостей, обработка которых иными методами упрочнения может быть затруднительна, или вовсе невозможна. Примером подобных деталей являются корпуса турбонасосов, редукторов, а также турбины.

Несмотря на относительную простоту реализации процесс имеет и некоторые недостатки.

Механические колебания контейнера приводят к повышенным динамическим нагрузкам (вибрациям), а механические соударения рабочей среды являются источником повышенного шума.

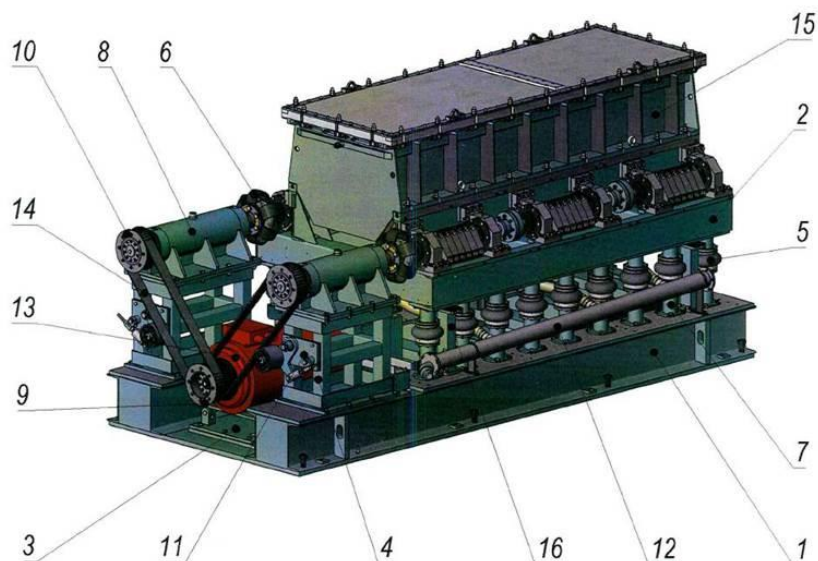


Шумопоглощающие крышки на контейнерах

Частично данные проблемы решаются применением, соответственно вибропоглощающих фундаментов, а также шумопоглощающих элементов (крышек, кожухов).

Доступ к детали в процессе обработки невозможен, поэтому контроль за процессом в реальном времени (без останова процесса) является затруднительным.

Установка для вибрационной ударной обработки ВУД-2500



Для выполнения процесса виброударного упрочнения могут быть использованы вибрационные установки (вибромашины), компоновка которой представлена Вашему вниманию на данном слайде.

Основанием является нижняя неподвижная рама (1). Для увеличения массы полость неподвижной рамы засыпается гранитной крошкой.

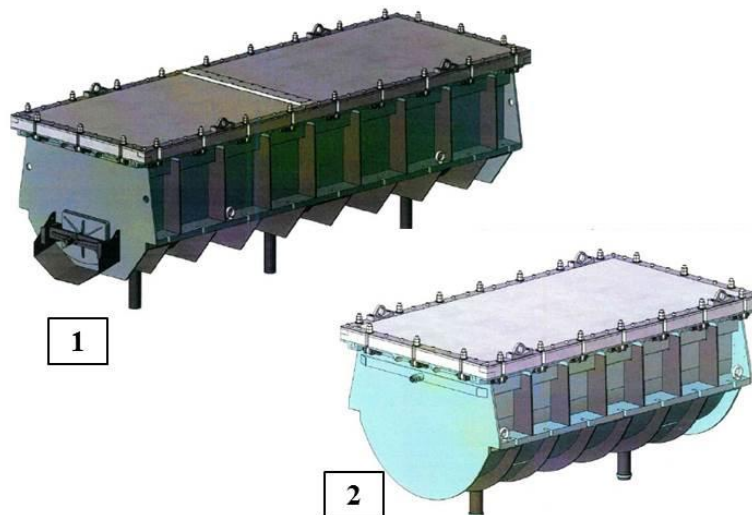
Подвижная рама (2) является основанием для установки контейнера (15).

На подвижной раме (2) закреплены подшипниковые опоры, на которых, в свою очередь установлены дебалансные валы. Вращение с двигателя привода главного движения 13 через ремённую передачу 10 передаётся на блоки промежуточных валов 8 главного движения. Движение с валов главного движения на валы подвижной рамы передаётся лепестковой муфтой 6. Натяжение ремней регулируется натяжителем 11.

В качестве упругой связи между неподвижной рамой 1 (основания) и подвижной рамой 2 используются торообразные резинокордные пневмобаллоны 5.

На неподвижную раму также установлены компоненты для фиксации системы циркуляции рабочей жидкости 12.

Контейнер для вибрационной ударной обработки

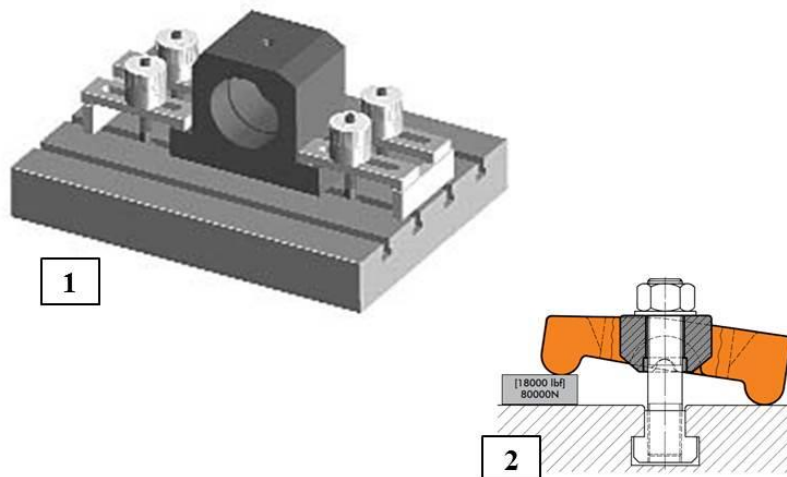


Съёмные (сменные) контейнеры для виброударной обработки: для обработки по схеме с закреплением (1), для обработки по схеме “в навал”

Контейнер представляет собой сварную съёмную ёмкость с U-образным дном. Внутренняя поверхность контейнера для повышения его износостойкости покрывается полимерным материалом (футеровкой). Стенки контейнера усиливают рёбрами жёсткости. Конструкция контейнера предусматривает крышку, которая предотвращает разлёт рабочей среды (смеси рабочих тел с рабочей жидкостью) при работе. В нижней части контейнера расположены сливные штуцера системы циркуляции рабочей жидкости. На торцевой части можем видеть люк для разгрузки рабочих тел. Разгрузка выполняется тогда, когда цикл упрочнения уже завершён.

Контейнеры с *плоским дном* применяются при схеме обработки с закреплением детали к дну контейнера.

Фиксация деталей



Опорная плита с установленной для обработки деталью (1),
схема фиксации элемента детали на опорной плите прихватом (2)

Как правило, закрепление выполняют с применением зажимной оснастки, конструктивно сходной с стандартными станочными зажимными приспособлениями, используемыми при обработке фрезерованием.

На днище контейнера может быть прикреплена опорная плита с Т-образными пазами для фиксации обрабатываемых деталей с применением стандартной станочной зажимной оснастки (например, прихватов).

Рабочие тела для вибрационной ударной обработки



В качестве рабочих тел применяют *стальные шарики*. Важным требованием к рабочим телам является высокая твёрдость шариков, что позволяет обеспечивать пластическую деформацию очага области удара о поверхность детали без изменений геометрии поверхности самого рабочего тела.

Стабильная форма, размеры и шероховатость рабочих тел, в свою очередь, является залогом стабильности процесса упрочнения:

- постоянства формы отпечатков
- исключения формирования на поверхности дефектов ударного характера
- получения регламентированной глубины наклёпа.

Процесс виброударной упрочняющей обработки выполняется с применением *рабочих жидкостей*, являющихся водными растворами поверхностно-активных веществ. Выполнение процесса “мокрым” способом исключают пылеобразование, а также способствуют улучшению шероховатости обработанной поверхности. Область взаимодействия рабочих тел и деталей остаётся чистой, а посторонние частицы в взвешенном состоянии непрерывно вымываются из контейнера системой циркуляции и осаждаются в отстойниках. Оптимальный состав растворов выбирают в зависимости от подлежащего упрочнению материала деталей.

Критерием выбора размера рабочих тел (шариков) является взаимное расположение обрабатываемых поверхностей детали, а также геометрические параметры (радиусы) их смежных сопряжений, размеры внутренних полостей. Максимальный радиус рабочих тел, как правило, должен быть равен, или меньше радиусов сопряжений на детали.

Значительно снижать радиус рабочих тел также нельзя: при той же самой амплитуде и частоте колебаний контейнера пропорционально уменьшается кинетическая энергия рабочих тел. Это может привести к необходимости значительного увеличения времени упрочнения, либо вообще не позволит достичь требуемых показателей упрочнения (глубины наклёпа).

Процесс обработки



Вибрационная ударная обработка по схеме “в навал”

Любая упрочняющая обработка является финишной операцией перед нанесением покрытия.

Все иные механические воздействия на деталь (правка, обработка резанием) после упрочнения с целью предотвращения нежелательного перераспределения поверхностных остаточных напряжений недопустимы. Виброударное упрочнение в этом смысле не является исключением среди прочих методов упрочнения поверхностным пластическим деформированием.

Существует две основные схемы проведения процесса виброударного упрочнения: с закреплением и в навал. Схема **в навал** реализуется преимущественно с применением контейнеров с U - образным дном для лучшей циркуляции смеси рабочей среды и деталей а также конструктивным исключением образования “зон застоя”. Устойчивая циркуляция смеси является условием равномерного воздействия рабочей среды на все поверхности деталей, а следовательно, и более высокого качества упрочняющей обработки.

Параметрами процесса виброударного упрочнения являются частота и амплитуда колебаний контейнера. Требуемую частоту колебаний регулируют выбором скорости вращения привода дебалансов, а амплитуду – изменением их инерционных характеристик (массы, углов разворота).

Контроль процесса вибрационной ударной обработки

Контроль до процесса обработки:

- размеры, форма детали;
- исходная шероховатость поверхности детали (не грубее Ra6,3);
- отсутствие заусенцев, острых кромок (кромки должны быть скруглены радиусом не менее R=1 мм.);
- Отсутствие на поверхности детали рисок, надиров, вмятин, забоин;
- Поверхности деталей должны быть промыты и обезжирены;
- отсутствие на поверхности любых покрытий, масел и иных смазок ;
- Отсутствие трещин;
- Изоляция от воздействия рабочей среды класных отверстий и других необрабатываемых поверхностей.

Качество процесса виброударного упрочнения обеспечивается контрольными мероприятиями, выполняемыми перед, в процессе и по завершению обработки.

До обработки контролируют геометрию детали (размеры, форма, шероховатость), а также отсутствие поверхностных дефектов типа трещин, царапин, забоин. Кроме того, контролируется отсутствие на поверхности детали покрытий, которые (при их наличии) удаляют.

Контроль процесса вибрационной ударной обработки

Контроль во время процесса обработки:

Постоянно контролируемые параметры:

- Амплитуда, частота колебаний контейнера (мм)
- Время обработки (мин.).

Периодически контролируемые параметры:

- Количество и качество рабочих тел;
- Состав и количество рабочей жидкости.

В процессе обработки постоянному контролю подлежат амплитуда колебаний контейнера и время проведения процесса. Периодическому контролю подвергают состояние и количество рабочих тел и рабочей жидкости.

Контроль процесса вибрационной ударной обработки

Контроль после процесса обработки:

- Сплошность и однородность, шероховатость поверхности (соответствие обработанной поверхности эталону);
- Приращение прогиба контрольных пластин;
- Отсутствие на поверхности забоин;
- Сохранность классных отверстий.

По завершению процесса обработки контролируют сплошность и однородность поверхности детали после упрочнения сравнением с эталонной деталью.

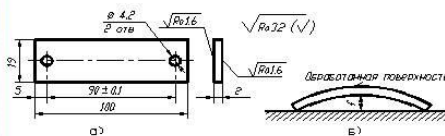
Эталонные стандарты сплошности и однородности



Эталонные стандарты сплошности и однородности для визуального контроля результата упрочнения

Здесь продемонстрированы примеры эталонных деталей.

Контрольные пластины



Для контроля процесса упрочнения деталей из алюминиевых сплавов:

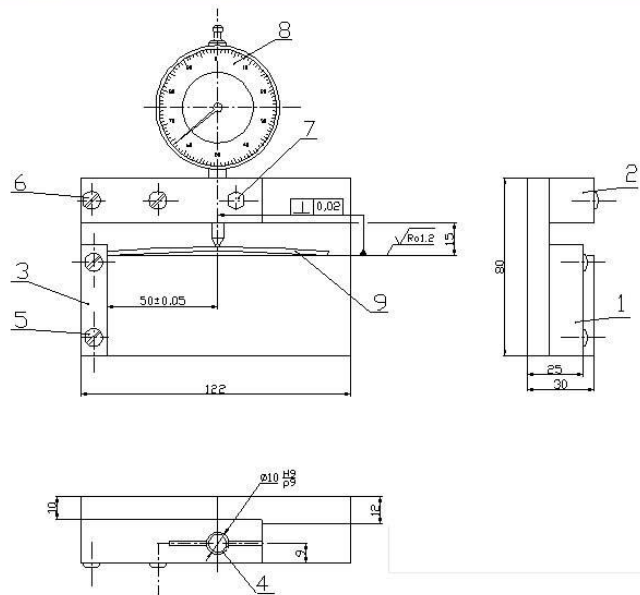
- материал Д16Т;
- размеры 100×19×2мм.

Для контроля процесса упрочнения деталей из титановых сплавов и сталей:

- материал 30ХГСА (предел прочности 1700МПа);
- размеры - размеры 100×19×1,3мм.

Контроль интенсивности упрочняющей обработки выполняется с применением контрольных пластин (образцов-свидетелей), закрепляемых на технологическом приспособлении внутри контейнера и обрабатываемых совместно с деталью. При обработке деталей из алюминиевых сплавов контрольные пластинки изготавливают из алюминиевого сплава Д16Т, деталей из титановых сплавов и сталей – из стали 30ХГСА.

Контроль приращения прогиба контрольных пластин



Индикаторное приспособление для измерения прогиба контрольных пластин

Интенсивность обработки определяют по прогибу контрольных пластинок. Значение прогиба, регламентируемое, например, для деталей из конструкционных сталей может достигать 3мм.

Пластины Альмена



За рубежом используются аналогичные способы контроля процесса.

Измерение интенсивности производят при помощи контрольных пластин Альмена. Измерение интенсивности производится разными типами пластин (в зависимости от обрабатываемого материала и уровня необходимой интенсивности).

Существует три типа **стальных** пластин Альмена, различающихся по толщине. Контрольная пластина типа А обычно используется для высоты дуги до 0,024 дюйма, а для более высокой интенсивности наклепа – контрольная пластина типа С. При высоте дуги менее 0,004 дюйма должна использоваться контрольная пластина типа N.

Для сравнения интенсивности полученный прогиб пластин типа С может быть, например, умножен на 3,5 для получения приблизительного значения прогиба для типа А.

Алюминиевые контрольные пластины изготавливаются пяти типов: АА, W, X, Y, Z. Данные типы пластин имеют такую же длину, ширину как и стальные, но отличаются материалом и толщиной.

Приспособления для измерения контрольных пластин Альмена



Индикаторное приспособление для измерения прогиба стальных контрольных пластин с удержанием пластины магнитом (TSP-3)



Индикаторное приспособление для измерения прогиба контрольных пластин из алюминиевого сплава с удержанием пластины механическим методом (TSP-3AAA)

Большое распространение для измерения прогибов контрольных пластин получили датчики Альмена.

Существует несколько модификаций предназначенных для разных типов пластин. На слайде представлены датчик TSP-3 для контроля пластин изготовленных из ферромагнитных материалов (в его основе лежит удержание пластин магнитными силами) и датчик Альмена TSP-3AA, в котором реализовано удержание пластины механическим способом.

После упрочнения деталь контролируется по шероховатости обработанной поверхности и ее равномерности, форме и размерам, интенсивности обработки.

Шероховатость упрочненной поверхности проверяют путем сравнения с эталонной или измерением ее фактической микрогеометрии.

Равномерность обработки контролируется внешним осмотром.

После упрочнения поверхность должна быть полностью покрыта отпечатками от деформирующих тел и не иметь следов предшествующей обработки.

При обнаружении неупрочненных мест, в зависимости от их размеров, числа и размещения на детали может производиться повторное упрочнение всей детали или местное упрочнение «непроработанных» участков.

В случае обнаружения при визуальном контроле местные риски, царапины, забоины и другие дефекты подлежат местной зачистке в пределах допуска и при съеме металла более 0,05 мм последующему местному упрочнению.