

6.3 Виброабразивная обработка деталей

В данном разделе курса мы с Вами рассмотрим ещё одну полезную область применения колебательных процессов при обработке деталей – вибрационную абразивную обработку, если точнее вибрационную ударную абразивную обработку.

Основные понятия

Вибрационная ударная абразивная обработка – обработка деталей с целью зачистки их поверхностей (улучшение микрогеометрии, скругление острых кромок) и упрочнения (только для деталей из алюминиевых сплавов) с применением технологии *виброударной обработки* и использованием рабочих тел в виде абразивных гранул (чипсов).

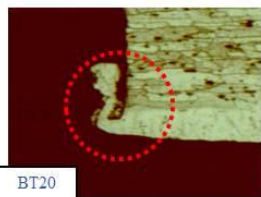
Вибрационная ударная обработка (Виброударная обработка) – вибрационное ударное поверхностное пластическое деформирование деталей рабочими телами в замкнутом объеме.

Обратим наше внимание на представленные определения взятые из нормативной документации.

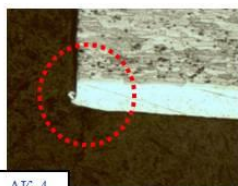
Вибрационное воздействие (наложение направленных вибраций) на режущий абразивный материал (рабочая среда) и обрабатываемую деталь приводит к возникновению двух основных контактных процессов: микроудара и абразивного изнашивания.

Указанные контактные процессы являются следствием переменных ускорений контейнера, вызывающих относительную условную текучесть деталей и рабочей среды.

Ликвиды



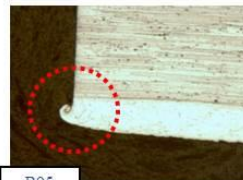
BT20



AK-4



Д-19



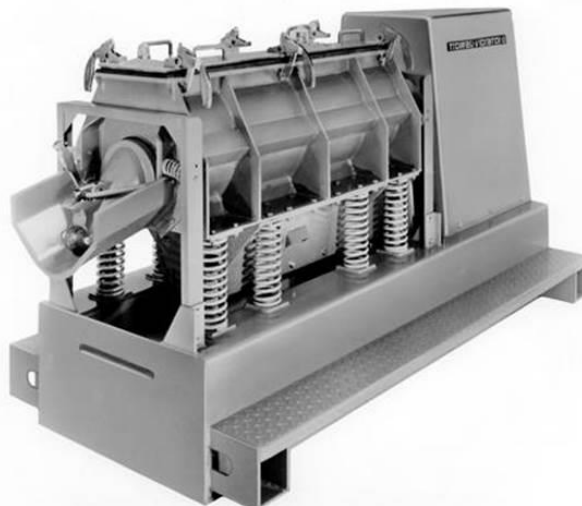
B95

Металлографические изображения ликвидов (остаточный заусенец) на деталях из различных материалов после механической обработки

Вызванный контактными процессами абразивный съём материала с поверхности детали позволяет механизировать трудоёмкие слесарные операции по скруглению острых кромок деталей и удалению ликвидов различного типа (заусенцы, грат).

Наиболее часто используемыми в машиностроении типами вибрационных установок являются агрегаты с возможностью варьирования частот колебаний в пределах от 15 до 100Гц.

Первые вибрационные установки

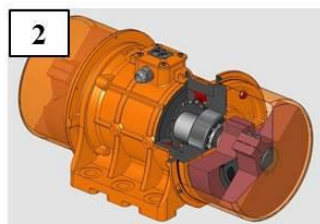


Серийная установка лоткового типа фирмы Walter Trowal (1956 год)

Установки вибрационного типа характеризуются наличием контейнера (бункера), в который помещается технологическая среда (абразивные тела с рабочей жидкостью) и обрабатываемые детали. Относительное перемещение абразивных тел и деталей реализуется посредством сообщения бункеру колебаний, либо других видов динамических движений.

Классическая компоновка установок с вибрирующим контейнером реализована и впервые применена фирмой Walther Trowal, и остаётся неизменной по сегодняшний день.

Виброприводы



Типовые исполнения дебалансных виброприводов (1-3) и пример монтажа вибропривода на контейнер (4)

В зависимости от технических возможностей установок, а также требований к обработанным на них деталям (требований “избирательности” воздействия абразивного материала на кромки, ориентированные различным образом к направлению вектора виброскорости) применяется вибрационное оборудование с прямолинейной (однокомпонентной), плоской (двухкомпонентной) и объёмной (трёхкомпонентной) вибрацией.

Оборудование



Установка кругового (тороидального) (1), лоткового (цилиндрического) (2) и спирального (3) типа

Современные вибрационные установки характеризуются следующими основными особенностями:

- наличие систем циркуляции рабочей жидкости с центробежной очисткой ;
- дорезонансные, зарезонансные и резонансные режимы обработки;
- периодическая и непрерывная цикличность работы.
- механический, инерционный, дебалансный, индукционный, пневматический или гидравлический тип возбудителя;
- подвеска контейнера на спиральных или плоских рессорных пружинах;



U-образная форма дна контейнера установки лоткового типа

- исполнение с круговым (тороидальным), цилиндрическим (лотковым) или спиральным контейнером с U – образным сечением рабочей части;

Для обработки деталей авиационной техники применяют два основных типа вибрационных установок: кругового и лоткового.

В основной массе для каждого из указанных типов установок реализовано трёхмерное колебательное движение контейнера (т.е. вектор амплитуды колебательного движения включает компоненты по всем трём осям декартовой системы координат).

Схемы обработки: обработка с закреплением



Закрепление деталей на траверсе



Закрепление деталей к дну контейнера

Конструкция установок, или контейнеров к ним предусматривает две схемы обработки:

- с закреплением (когда деталь либо неподвижно закреплена по отношению к контейнеру на внешней траверсе, либо когда деталь закрепляют к дну контейнера с применением зажимной оснастки);

Схемы обработки: обработка в навал



Обработка мелких деталей в установке кругового типа

- с свободной циркуляцией деталей в рабочей среде («в навал»).



Абразивные гранулы естественного (природного) происхождения: микрокварциты

В качестве обрабатывающей среды применяются абразивные тела (абразивные гранулы) различной формы на основе всего доступного спектра абразивных материалов и их зернистостей.

Применяют абразивные тела естественного (природного) и искусственного происхождения. Абразивные тела природного происхождения получают отсевом пород, имеющих абразивные свойства, например, микрокварцитов. Недостатком таких абразивных тел является отсутствие регламентированной формы гранулы.

Рабочие среды



Абразивные гранулы искусственного происхождения (формованные): на керамической связке призматической, сферической и цилиндрической формы (1), на полимерной связке конической (2) и пирамидальной (3) формы

В производстве искусственных абразивных тел применяются керамическая и полимерная связки абразивной матрицы.

Рабочие среды

Жидкие компаунды: концентрированная присадка к воде, используемая в процессе виброабразивной обработки

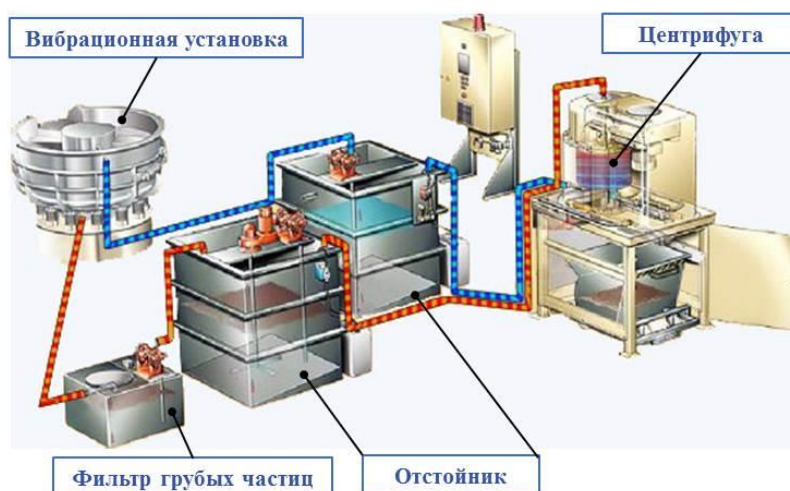
Функции: защита от коррозии, отвод из зоны контакта абразивного шлама и продуктов износа обрабатываемого материала



Обработка выполняется с использованием специализированных рабочих жидкостей - смесей шлифовальных компаундов с водой.

Компаунды представляют собой концентрированную присадку (набор присадок) к воде. Фирма Rosler, например, подразделяет компаунды на два вида: компаунды для проточной системы - серия FC (раствор вода+компаунд после обработки сливается в канализацию, не нуждается в дополнительной очистке) и компаунды для круговой циркуляции - серия ZF.

Типовая структура системы циркуляции рабочей жидкости



Здесь, для примера, Вашему вниманию представлена схема круговой циркуляции (замкнутого цикла). Конструктивной особенностью данной схемы является наличие центрифуги для сепарации крупных частиц шлама, а также отстойников для осаждения мелкой взвеси.

Рассмотрев все компоненты рабочих сред для вибрационной ударной абразивной обработки немного остановимся на специфике их выбора.

Выбор оптимальных обрабатывающих сред выполняют на стадии технологической подготовки процесса перед запуском его в производство. Суть последнего состоит в подборе оптимального размера и формы, материала связки, зернистости абразива тел для их эффективного взаимодействия с кромками и поверхностями обрабатываемой детали, или их номенклатуры. Неправильный выбор приводит к возникновению необработанных участков или кромок на деталях, подлежащих доработке другими методами финишной обработки.

Зернистость абразива играет важную роль в обеспечении производительности (съём в единицу времени), а также шероховатости обработанной поверхности. Производительность обработки с увеличением зернистости возрастает, но шероховатость ухудшается.

Материал связки также оказывает влияние на износостойкость абразивных тел, шероховатость и коррозионную стойкость обработанной поверхности.

Размер и форма абразивных тел влияют на способность их проникновения к затруднённым для доступа кромкам и поверхностям (пазы, внутренние углы и т.д.).

Компоненты растворов рабочей жидкости выбирают по их сочетаемости с обрабатываемыми материалами. В частности, не допустимо химическое взаимодействие компонентов раствора с материалом деталей, а также снижение коррозионной стойкости деталей после взаимодействия с раствором.

Технологические особенности: обработка мелких и протяжённых деталей



Обработка мелких деталей в установке кругового типа

Обработка протяжённых деталей в установке лоткового типа



Теперь рассмотрим технологические особенности применения оборудования ранее рассмотренных типов. Установки кругового типа используются для мелких, не протяжённых деталей.

Поскольку установки вибрационной абразивной обработки применяются для механизации отделочной операции в крупносерийном и массовом производствах на них, как правило, выполняют обработку однотипных деталей.

Выбор режимов (амплитуды колебаний контейнера, частоты вращения дебалансного вибропривода, времени обработки) обычно выполняется опытным путём.

В случаях, когда типоразмеры деталей существенно отличаются (обработка мелкими партиями) необходимо выполнять выбор режимов обработки для каждого из типоразмеров в отдельности, так как с изменением габаритов детали изменяются условия её циркуляции в абразивной среде.

Производители вибрационных установок дают следующие базовые рекомендации:

- при выполнении вибрационной обработки в контейнере установки по возможности должны находиться детали одного типоразмера. В случае, если данное условие нарушено результат вибрационной обработки для деталей (величина радиуса скругления острых кромок) будет отличаться тем сильнее, чем больше отличается габаритные размеры деталей;

- следует учитывать, что размеры ликвидов (заусенцев), удаление которых возможно механизировать операцией вибрационной абразивной обработки ограничены. Для больших размеров ликвидов необходимо предусматривать другой способ их удаления, в том числе с использованием ручной операции.

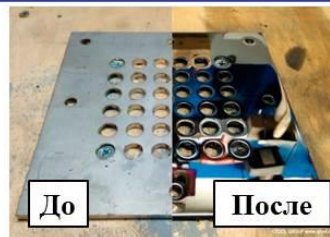
Технологические особенности: разделение рабочего пространства контейнера



Разделение рабочего пространства контейнера для последовательной обработки рабочими телами различной зернистости

- в случаях, когда исходная и конечная шероховатость значительно отличаются является оправданным введение многоступенчатой обработки с применением различных типов установок, а также обрабатывающей среды (типоразмера гранул, их связки, зернистости, применяемых компаундов и.т.д). Многоступенчатая обработка может быть реализована посредством деления контейнера на несколько секций специальными износостойкими перегородками. Каждая секция может быть наполнена абразивными телами разной зернистости, формы, размера.

Результат вибрационной ударной абразивной обработки



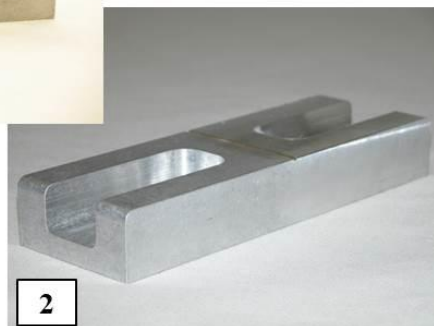
Результат последовательной обработки абразивными гранулами различной зернистости

Таким образом, выполняя последовательную обработку в разных секциях возможен гибкий переход от грубой операции удаления заусенцев к тонкому полированию.

Целевыми показателями обработки обычно являются радиус скругления кромок и шероховатость обработанной поверхности.

Если говорим о шероховатости, то при прочих равных условиях (одинаковых зернистости, форме и размере абразивных тел, а также времени обработки) последняя будет существенно зависеть от обрабатываемого материала.

Контроль процесса вибрационной ударной абразивной обработки

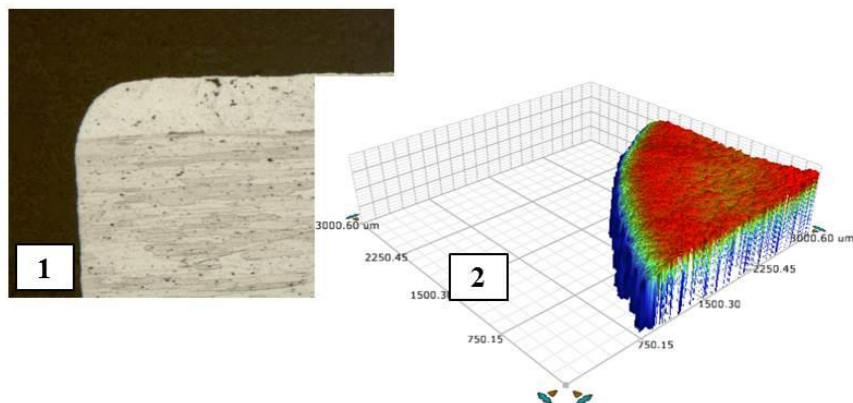


Эталон для контроля процесса обработки с имитацией типовых конструктивных элементов: отверстий (1) и пазов (2)

Для определения степени соответствия достигнутого в ходе вибрационной ударной абразивной обработки результата установленным требованиям предусмотрена, разумеется, контрольная операция.

Контроль результата обработки выполняют либо сравнением обработанной поверхности с эталоном шероховатости.

Контроль процесса вибрационной ударной абразивной обработки



Изображение сечения кромки технологической детали после виброабразивной обработки, полученное металлографическим методом (1) и с помощью оптического профилографа (2)

Либо анализом микрошлифа сечения кромки, измерением профилографом.

Контроль процесса вибрационной ударной абразивной обработки



Контроль результата (радиуса скругления кромки) в производственных условиях обработки радиусным шаблоном

Либо радиусным шаблоном.

Процедура выбора режимов обработки достаточно трудоёмка, так как предполагает проведение испытаний на технологических деталях каждого типоразмера, входящих в обрабатываемую номенклатуру.

Программный модуль определения параметров процесса

+ Цель:

определение оптимального диапазона времени вибрационной ударной абразивной обработки в зависимости от комплекса характерных для процесса технологических условий и конструктивных особенностей обрабатываемых деталей (факторов).

+ Факторы:

- тип используемой вибрационной установки;
- типоразмер обрабатываемых деталей;
- наличие на деталях конструктивных элементов типа подкреплений, отверстий пазов и выемок;
- форма, размеры, материал и зернистость абразивных гранул.

Следовательно, чем шире номенклатура деталей, тем больший объём испытаний нам требуется провести. Уменьшение объёма предварительных испытаний можно достичь, представляя детали как набор типовых унифицированных конструктивных элементов, данные по испытаниям для которых уже получены, и внесены в подготовленную базу.

Специалистами ИРНИТУ для повышения эффективности выбора режимов разработан специальный программный модуль с пополняемой базой данных, позволяющий выполнять назначение времени вибрационной ударной абразивной обработки деталей. Целевым критерием расчёта является получение требуемого диапазона радиусов скруглений всех кромок на детали.

Программный модуль определения параметров процесса: ввод исходных данных

Требуются значения радиусов кромок
rус (мм) 0,03

Инициализация ключевого критерия
(радиус от... до...)

Выбор оборудования
(модель установки)

Ввод параметров
конструктивных элементов
обрабатываемой детали

Исходные данные Экспериментальная таблица График

Время (мин)	5	10	15	20	25	30	35
Внешние кромок							
Продольные (мм)							0,067
Поперечные (мм)							0,085
Паз 1 (Паз)							
Продольные (мм)	0,015	0,022	0,029	0,033	0,04	0,046	0,055
Поперечные (мм)	0,023	0,027	0,033	0,037	0,042	0,048	0,057

Эмпирическая таблица

Любая деталь в структуре модуля представляется как набор конструктивных элементов. Время виброабразивной обработки вычисляется в зависимости от:

- типа используемой вибрационной установки;
- типоразмера обрабатываемых деталей;
- наличия на деталях конструктивных элементов типа подкреплений, пазов и выемок;
- формы, размеров, материала абразивных гранул (чипсов)

Расчёт времени обработки применительно к принятым технологическим условиям выполняется для любого количества контролируемых кромок. Принцип расчёта заключается в том, что для каждого типа кромок в базе данных модуля имеется зависимость роста обрабатываемого радиуса от времени, полученного по двум-трём предварительно полученным экспериментальным точкам.

Программный модуль определения параметров обработки: запуск расчёта и получение результата

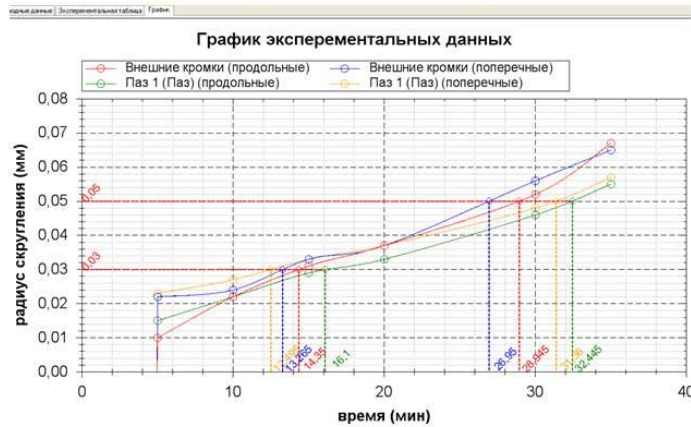
Требуемые значения радиусов кромок

Минимальный радиус (мм): | Максимальный радиус (мм):

Расчётное время

Минимальное время (мин): | Максимальное время (мин): |

Результат расчёта времени обработки



Графическая интерпретация результата расчёта

Для принятого допустимого диапазона получаемых радиусов модулем выполняется автоматический выбор минимального и максимального допустимого времени обработки для всех кромок на детали, представленных вышеуказанными зависимостями.

Оценка влияния виброабразивной обработки на коррозионную стойкость



Подготовка обработанных образцов к коррозионным испытаниям в камере соляного тумана

Важным результатом процесса, кроме степени скругления острых кромок на деталях, является способность обработанных поверхностей к сопротивлению к поверхностной коррозии. Влияние химического состава компонентов рабочей среды в комплексе с прочими технологическими условиями проведения виброабразивной обработки на скорость коррозии очевидно. Коррозионная стойкость поверхностей обработанных деталей в значительной степени определяет их дальнейший срок службы.

Оценку влияния коррозионной стойкости выполняют проведением коррозионных испытаний через определение изменения массы обработанных образцов при выдержке в камере с коррозионной средой, которой является соляной туман.