

Волков А.А.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Д.Л. Соловьев  
Муромский институт федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: [slaun@list.ru](mailto:slaun@list.ru)*

### **Способы упрочнения для повышения стойкости к абразивному износу**

Из экспериментов износостойкости сталей при трении и ударе по абразиву можем сравнить особенности ударно-абразивного изнашивания. Отметим качественную и количественную сторону: качественная сторона ударно-абразивного изнашивания — макро- и микрорельеф поверхности изнашивания, механизм формирования частиц износа и причины, обуславливающие интенсивность изнашивания; количественная — параметры, характеризующие износ и износостойкость. [1]

Ударно-абразивное изнашивание в качественном и количественном отношении имеет ряд принципиальных отличий от изнашивания при скольжении. Признаком качественной стороны является образование лунки на поверхности изнашивания, т.е. внедрения твердой абразивной частицы в условиях динамического контакта. Образуется макрорельеф за счет сочетания подобных лунок, отличимые глубиной и формой. В этом рельефе нет следов направленного движения абразива вдоль поверхности изнашивания, а потому нет направленной шероховатости. При испытании вязких и хрупких материалов в условиях ударно-абразивного изнашивания макрорельеф имеет принципиальные отличия. При испытании вязких материалов на поверхности изнашивания хорошо видна интенсивная пластическая деформация по контуру и вблизи лунок, которая предшествует формированию и отделению частиц износа. При изнашивании хрупких материалов высокой твердости отделение частиц износа наступает в результате хрупкого выкрашивания микрообъемов металла. В этом случае на поверхности изнашивания наблюдаются микротрещины, образование и развитие которых предопределяет формирование частиц износа и их последующее отделение с поверхности изнашивания.

При абразивном изнашивании отделение частиц износа идет в виде стружки, а на поверхности изнашивания хорошо видна четкая картина направленной шероховатости, совпадающей с направлением движения абразива или поверхности изнашивания.

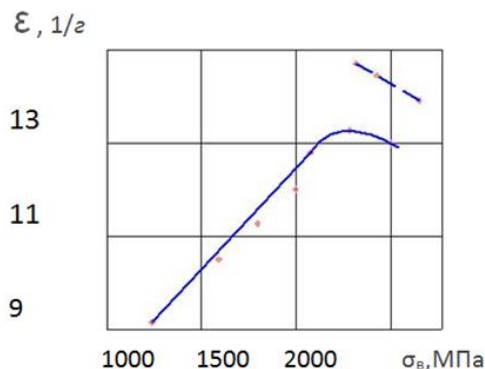
Если твердость абразивных частиц ниже твердости материала, то отделение частиц износа наступает в результате многократного передеформирования поверхностных слоев металла. При ударно-абразивном изнашивании стружка не образуется из-за отсутствия соответствующих условий.

Износ при ударно-абразивном изнашивании не имеет прямой связи с твердостью изнашиваемой поверхности. Характер влияния твердости на износостойкость определяется рядом факторов и, прежде всего, единичной энергией удара.

Увеличение твердости является основным и эффективным средством повышения износостойкости деталей машин и инструмента, работающих в условиях скольжения по абразиву. При ударно-абразивном изнашивании в хрупкой и вязкой областях разрушения стали ее износостойкость различна. Причем при переходе из одной области в другую наблюдается пороговое изменение износостойкости, т. е. непрерывность этой зависимости нарушается. Влияние механических свойств стали на ее износостойкость в хрупкой области совершенно иное, чем в вязкой. Максимальная износостойкость стали наблюдается на границе хрупковязкого разрушения.

При скольжении по абразиву сохраняется непрерывность зависимости износостойкости стали от твердости в хрупкой и вязкой областях разрушения. При скольжении по абразиву увеличение пластичности стали снижает ее износостойкость при ударе с увеличением прочности в хрупкой области износостойкость повышается, в вязкой — снижается. При ударе по абразиву максимальную износостойкость стали показала структура опущенного мартенсита, которой соответствует максимальный предел прочности при низком отпуске (220-250°C); при

скольжении более износостойким оказывается тетрагональным мартенсит без отпуска, которому соответствует более низкий предел прочности и максимальная твердость (рисунок 1) [1].



**Рис. 1. Влияние предела прочности на абразивное изнашивание стали**

При скольжении износостойкость стали одного состава определяется прежде всего ее твердостью. Влияние предела текучести на износостойкость стали при ударе и скольжении также различно: при ударе по абразиву в хрупкой и вязкой области влияние предела текучести стали на ее износостойкость неоднозначно, при скольжении в хрупкой и вязкой областях разрушения с увеличением предела текучести износостойкость стали растет, так как характер зависимостей твердости и предела текучести от температуры отпуска примерно одинаков.

При сравнении качественной картины микро- и макрорельефа ударно-абразивного и абразивного изнашивания основных зависимостей износостойкости стали от ее механических свойств при ударе и трении скольжения по абразиву хорошо прослеживаются принципиальные различия этих двух видов изнашивания.

Различия в механизме этих видов изнашивания обуславливают, в свою очередь, различные критерии износостойкости и различные пути выбора износостойких пар при динамическом

#### Литература

1. Виноградов В.Н. Изнашивание при ударе 1982, 192 с.
2. Лившиц Л.С., Основы легирования наплавленного металла. Абразивный износ. М.: Машиностроение, 1969. — 188 с.: ил

Гарбузов В.В.

Научный руководитель: доцент кафедры АПМ и ТП, к.т.н. С.А. Силантьев  
 Муромский институт федерального государственного бюджетного  
 образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
 университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
 E-mail: valera\_garbuzov@mail.ru

### Исследование влияния режимов статико-импульсной обработки на износ деталей машин работающих в условиях абразивного трения

Абразивное изнашивание – это разрушение поверхности детали в результате его взаимодействия с твердыми частицами (абразивом). Абразивным материалом называют материал естественного или искусственного происхождения, зерна которого имеют достаточную твердость и обладают способностью резания (царапания). Такими частицами могут быть микровыступы, твердые частицы грунта, металлическая стружка, песок, оксидная пленка, нагар, продукты износа и т.д., попавшие в зону силового контакта сопряженных поверхностей. Твердые частицы могут находиться как в закрепленном состоянии (неподвижно закрепленные твердые зерна), так и в свободном.

Абразивному изнашиванию подвержены большое количество деталей машин, работающих в абразивной среде (ходовая часть гусеничных тракторов и дорожно-строительных машин, рабочие органы сельскохозяйственных машин и металлорежущих станков, узлы бурильного оборудования нефтяной и газовой промышленности и т.д.).

Основные задачи данной работы заключены в определении оптимальной методики проведения испытаний на абразивный износ и определение влияния статико-импульсной обработки на абразивный износ.

Принципиально все методы испытаний (Рис. 1) подразделяются на лабораторные и эксплуатационные. При этом могут быть лабораторные и стендовые. Стендовые методы испытаний должны имитировать основные эксплуатационные условия деталей машин, а лабораторные только устанавливают общие закономерности поведения материалов в тех или иных условиях. В данной работе использован метод испытания при трении о шлифовальный круг, так как он является наиболее приближен к реальным условиям



Рис. 1 – Методы испытаний на абразивное изнашивание

Геометрия трущихся поверхностей является одним из решающих факторов, влияющих на характеристики трения и абразивного изнашивания при работе деталей машин. Механизм

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

контакта трущихся поверхностей может быть представлен следующим образом. В начальный период работы трущихся поверхностей их контакт происходит по вершинам неровностей. Здесь возникают большие давления, часто превышающие предел текучести и даже временное сопротивление трущихся металлов.

Высота неровностей в период начального изнашивания трущихся поверхностей уменьшается на 65 ... 75 %, что приводит к увеличению фактической поверхности их контакта, а следовательно, к снижению фактического давления и уменьшению интенсивного изнашивания. Повышенное начальное изнашивание трущихся поверхностей принято называть периодом приработки.

Основной задачей при обработке поверхностей является создание геометрии, обеспечивающей минимальное время и износ периода приработки, а также минимальный износ при равновесном состоянии. Данные задачи можно решить применяя механическую обработку с оптимальными параметрами неровностей поверхности, создав требуемые направления и формы микронеровностей.

Основные причины повышения износостойкости поверхностей, обработанных ППД:

1. Уменьшение в результате ППД параметра шероховатости Rz в 5–10 раз и создание благоприятной обтекаемой формы микронеровностей.
2. Повышение твердости поверхности.
3. Создание в поверхностных слоях остаточных напряжений сжатия.
4. Отсутствие шаржирования поверхности при ППД.
5. Сохранение целостности волокон металла.

Обработка методами поверхностного пластического деформирования (ППД) состоит в силовом контактом воздействии деформирующего инструмента на поверхность заготовки в условиях их относительного движения. Процесс ППД осуществляется без снятия стружки путем деформирования микронеровностей и глубинных прилегающих к поверхности слоев материала. Статико-импульсная обработка (СИО) является одной из самых новых и развивающихся методов ППД, ее особенностью является комбинированное статическое и динамическое нагружение очага деформации. Метод заключается в предварительном статическом нагружении инструмента силой, имеющей постоянное значение в течение всего времени обработки, и периодическом импульсном нагружении. Инструмент монтируется на статически нагруженном волноводе.

Энергия импульсного воздействия формируется посредством удара бойка по волноводу и в виде волны сжатия сообщается в очаг деформации.

Способ нагружения, при котором инструмент удерживается в контакте с обрабатываемой поверхностью в течение некоторого времени, превышающего продолжительность ударного импульса, позволяет использовать для совершения полезной работы энергию не только головной части импульса, но и отраженных волн деформации. Этот процесс реализуется посредством специально разработанного гидравлического генератора механических импульсов (ГМИ).

Выводы: получили требуемую степень и глубину упрочненного слоя легированной стали, а также подобрали оптимальные режимы СИО для увеличения износостойкости деталей машин работающих в условиях абразивного трения.

### Литература

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справ. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
2. Киричек А.В., Лазуткин А.Г., Соловьев Д.Л. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностно-пластическим деформированием// Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 288с.;ил.
3. М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. Исследования изнашивания металлов. Изд-во АН СССР, 1960.
4. М.М. Хрущов. Классификация условий и видов изнашивания деталей машин.— В об. «Трение и износ в машинах», вып. VIII. Изд-во АН СССР, 1953.

Егоров С.С., Яшин А.С.

Научный руководитель доцент кафедры «АПМ» Силантьев С.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром Владимирской область, ул. Орловская, 23, E-mail:ppdsio@ya.ru

### **Исследование волновых процессов в ударной системе гидравлического молота**

Удар – одно из распространенных явлений, с которым приходится встречаться в практической деятельности. Технологии с использованием удара перспективны, они позволяют осуществлять воздействие на объект подвергаемый обработке усилиями превышающими более чем в несколько сот раз те, которые способны воспринимать опорные устройства технической системы, воспроизводящей удар.[1]

Удар – это явление, при котором в некоторый момент времени, принимаемый за начало удара, начинают совершать взаимодействия элементы механической системы, осуществляющими движение с различными скоростями. При этом материальные частицы механической системы могут обладать значительными ускорениями. Если появляющиеся при этом силы инерции соизмеримы с реакциями связей и заданными силами, расчет этой механической системы необходимо вести в условиях динамического нагружения с учетом сил инерции. Такое нагружение стержня будут называть ударным нагружением.[2]

В ударной системе может быть реализовано еще одно преимущество: тело, совершающее удар, и подвергаемый обработке объект могут располагаться на разных участках технологического пространства. Передача механической энергии для осуществления работы происходит через систему сопряженных тел при влиянии на подвергаемый обработке объект. Эффективность этой системы может быть достигнута, если обладать достаточными знаниями и представлениями о протекающих в ударной системе динамических процессах.

Существует обширный ряд устройств ударного действия, в основу действия которых положены разные принципиальные схемы обеспечения периодического движения ударной массы. Наиболее широкое распространение приобрели устройства гидравлические, электромагнитные, пневматические, комбинированные (пневмогидравлические, электромеханические и другие).

Чем более прочен материал, который надо разрушить, тем больше необходима энергия единичного удара. Чем более толстые слои твердых покрытий и конструкций нужно пробивать, тем большая энергия удара необходима. Наиболее важная характеристика при работе с вязкими материалами - это энергия удара.

Получить один и тот же показатель энергии удара можно как за счет его скорости, так и благодаря массе бойка. При равной энергии удара наиболее эффективным считают гидромолот, масса бойка у которого больше.

Довольно широко используются в технологических машинах, гидравлические устройства ударного действия, предназначенные для осуществления разрушения прочных и мерзлых грунтов, горных пород, строительных материалов.

При решении тех или иных вопросов проектирования ударных машин и технологий довольно часто возникает задача продольного удара. При осуществлении удара в ударном сечении стержня возникают значительные по величине ударные силы. Между технологической средой, и телом, совершающим удар, как правило, находится промежуточное звено (рабочий инструмент), представляющее собой определенной длины и конфигурации стержень.

Ударное воздействие на технологическую среду увеличивает эффективность технологической операции. Однако ударное взаимодействие между телами приводит к значительным динамическим нагрузкам, прогнозирование которых является одной из важных задач проектирования ударных технологий и машин.

Исследования, относящиеся к решению проблемы продольного удара, демонстрируют, что в процессе удара тел происходит возбуждение в области контакта волн деформаций. Эти волны

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

расходятся с определенной скоростью, выполняя передачу энергии для осуществления воздействия на технологический объект. Определение этих волн связано с изучением волновых процессов в соударяемых телах.

### Литература

1. Манжосов В. К. Модели продольного удара / В. К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 160 с.
2. Манжосов, В. К. Моделирование продольного удара в стержневых системах неоднородной структуры / В. К. Манжосов, В.В. Слепухин. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 208 с.

Клименков И.И., Кочетков А.В

Научный руководитель - к.т.н., доцент, Никитина Любовь Геннадьевна.

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23, тел: (49234) 77-1-01.

E-mail: Armitp@yandex.ru

### Кинематический расчет привода главного движения станка с ЧПУ.

В современных станках с числовым программным управлением используется бесступенчатое регулирование частот вращения шпинделя, реализуемое регулируемым электродвигателем (ЭД) постоянного или переменного тока. Известно, что диапазон регулирования ЭД при постоянной мощности ограничен и не соответствует требованиям привода главного движения, поэтому чаще используется двух-трех ступенчатая коробка скоростей (КС), которая помогает расширить этот диапазон.

Расчёт кинематической схемы привода инициируется с выбора ЭД накладывая требуемые нагрузочные характеристики на реализуемые, при этом требуемые характеристики должны превышать реализуемые, хотя допускается уменьшение (провал) мощности от 20% до 25% .

Проектируемый привод должен обеспечивать мощность не менее 22,0 кВт в диапазоне частот вращения 450...3000 мин<sup>-1</sup> и крутящий момент  $M_{ш} \geq 800$  Нм в диапазоне частот 45...450 мин<sup>-1</sup>.

Выбираем ЭД типоразмера 4ПФ 138S NH=22,0 кВт,  $n_n=1000$  мин<sup>-1</sup>,  $n_{max}=3000$  мин<sup>-1</sup>:

1. Построим график частот вращения (рис.1). Построение графика начинаем с нижних частот вращения – с 1-го диапазона. При кинематическом расчёте используем следующие выражение:

$$- 0,25 \geq i_1 \geq 2; \tag{1}$$

$$- i_1 > i_2; \tag{2}$$

где,  $i_1, i_2$  – передаточные отношения зубчатых передач привода.

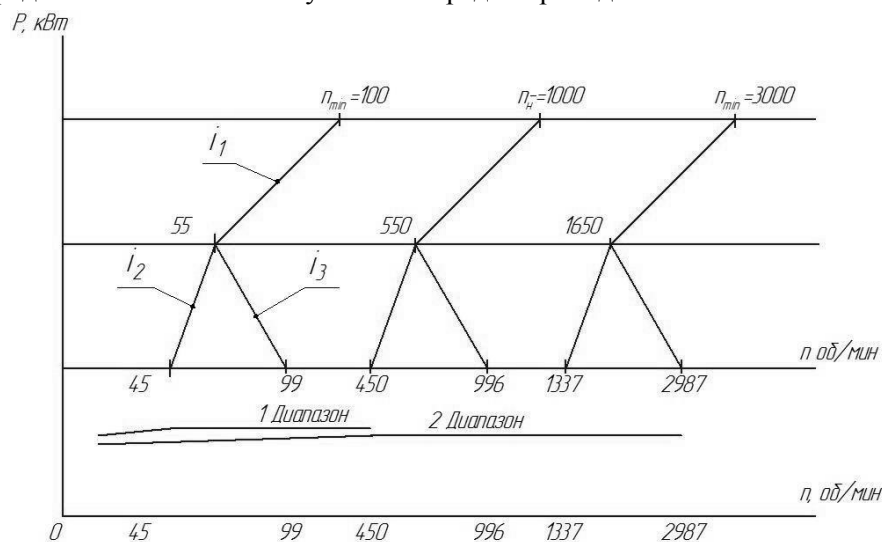


Рис.1. График мощностей.

Выбираем коробку с  $Z = 2$ . Общее передаточное отношение между валами I и III в диапазоне I должно быть  $i_n \geq 0,2$ ; при этом очевидно, что  $i_n = i_1 \cdot i_2$ . Выбираем значения  $i_1 = 550/1000 = 0,55$ ,  $i_2 = 450/550 = 0,81$  и следовательно  $i_n = 0,55 \cdot 0,81 = 0,44$ .

При этом условия 1)...2) выполняются. Номинальная частота вращения двигателя

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

$n_{ДВ}^H$   $n_{ДВ} = 1000$  мин-1 соответствует частоте вращения промежуточного вала II -  $n_{II} = n_{ДВ}^H \cdot i_1 = 1000 \cdot 0,55 = 550$  мин-1 и частоте вращения шпинделя (расчётной точке) -

$$n_p = n_{II} \cdot i_2 = 550 \cdot 0,81 = 445 \text{ мин-1 или.}$$

Диапазон верхних частот вращения 2 обеспечивается при включении передач  $i_1$  и  $i_3$  (лучи 1 и 3)  $i_b = i_1 \cdot i_3$ . Подбираем передаточное отношение  $i_3$  таким образом, чтобы при переключении диапазонов сохранялось регулирование при постоянной мощности (или «провал» мощности был в допустимых пределах).

Принимаем  $i_3 = 1000/550 = 1,81$ . Тогда передаточное отношение в диапазоне 2:  $i_b = 0,53 \cdot 1,81 = 0,95$ . Таким образом, привод имеет две механические ступени - два диапазона регулирования частот вращения шпинделя: диапазон 1 -  $n_{ш} = 45 \dots 445$  мин-1; диапазон 2 -  $n_{ш} = 445 \dots 3000$  мин-1;

Внутри каждого диапазона регулирование выполняется изменением частот вращения двигателя. Переключение с одного диапазона на другой осуществляется смещением блока зубчатых колёс.

### Литература

1. Бушуев В.В. Металлорежущие станки, т.2. - М.: Машиностроение, 2012. - 586 с.



Волков А.А.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Д.Л. Соловьев*  
*Муромский институт федерального государственного бюджетного образовательного*  
*учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет*  
*имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
*602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23*  
*E-mail: [slaun@list.ru](mailto:slaun@list.ru)*

### **Способы упрочнения для повышения стойкости к абразивному износу**

Из экспериментов износостойкости сталей при трении и ударе по абразиву можем сравнить особенности ударно-абразивного изнашивания. Отметим качественную и количественную сторону: качественная сторона ударно-абразивного изнашивания — макро- и микрорельеф поверхности изнашивания, механизм формирования частиц износа и причины, обуславливающие интенсивность изнашивания; количественная — параметры, характеризующие износ и износостойкость. [1]

Ударно-абразивное изнашивание в качественном и количественном отношении имеет ряд принципиальных отличий от изнашивания при скольжении. Признаком качественной стороны является образование лунки на поверхности изнашивания, т.е. внедрения твердой абразивной частицы в условиях динамического контакта. Образуется макрорельеф за счет сочетания подобных лунок, отличимые глубиной и формой. В этом рельефе нет следов направленного движения абразива вдоль поверхности изнашивания, а потому нет направленной шероховатости. При испытании вязких и хрупких материалов в условиях ударно-абразивного изнашивания макрорельеф имеет принципиальные отличия. При испытании вязких материалов на поверхности изнашивания хорошо видна интенсивная пластическая деформация по контуру и вблизи лунок, которая предшествует формированию и отделению частиц износа. При изнашивании хрупких материалов высокой твердости отделение частиц износа наступает в результате хрупкого выкрашивания микрообъемов металла. В этом случае на поверхности изнашивания наблюдаются микротрещины, образование и развитие которых предопределяет формирование частиц износа и их последующее отделение с поверхности изнашивания.

При абразивном изнашивании отделение частиц износа идет в виде стружки, а на поверхности изнашивания хорошо видна четкая картина направленной шероховатости, совпадающей с направлением движения абразива или поверхности изнашивания.

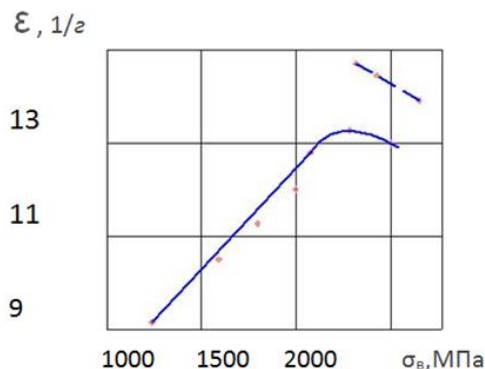
Если твердость абразивных частиц ниже твердости материала, то отделение частиц износа наступает в результате многократного передеформирования поверхностных слоев металла. При ударно-абразивном изнашивании стружка не образуется из-за отсутствия соответствующих условий.

Износ при ударно-абразивном изнашивании не имеет прямой связи с твердостью изнашиваемой поверхности. Характер влияния твердости на износостойкость определяется рядом факторов и, прежде всего, единичной энергией удара.

Увеличение твердости является основным и эффективным средством повышения износостойкости деталей машин и инструмента, работающих в условиях скольжения по абразиву. При ударно-абразивном изнашивании в хрупкой и вязкой областях разрушения стали ее износостойкость различна. Причем при переходе из одной области в другую наблюдается пороговое изменение износостойкости, т. е. непрерывность этой зависимости нарушается. Влияние механических свойств стали на ее износостойкость в хрупкой области совершенно иное, чем в вязкой. Максимальная износостойкость стали наблюдается на границе хрупковязкого разрушения.

При скольжении по абразиву сохраняется непрерывность зависимости износостойкости стали от твердости в хрупкой и вязкой областях разрушения. При скольжении по абразиву увеличение пластичности стали снижает ее износостойкость при ударе с увеличением прочности в хрупкой области износостойкость повышается, в вязкой — снижается. При ударе по абразиву максимальную износостойкость стали показала структура опущенного мартенсита, которой соответствует максимальный предел прочности при низком отпуске (220-250°C); при

скольжении более износостойким оказывается тетрагональным мартенсит без отпуска, которому соответствует более низкий предел прочности и максимальная твердость (рисунок 1) [1].



**Рис. 1. Влияние предела прочности на абразивное изнашивание стали**

При скольжении износостойкость стали одного состава определяется прежде всего ее твердостью. Влияние предела текучести на износостойкость стали при ударе и скольжении также различно: при ударе по абразиву в хрупкой и вязкой области влияние предела текучести стали на ее износостойкость неоднозначно, при скольжении в хрупкой и вязкой областях разрушения с увеличением предела текучести износостойкость стали растет, так как характер зависимостей твердости и предела текучести от температуры отпуска примерно одинаков.

При сравнении качественной картины микро- и макрорельефа ударно-абразивного и абразивного изнашивания основных зависимостей износостойкости стали от ее механических свойств при ударе и трении скольжения по абразиву хорошо прослеживаются принципиальные различия этих двух видов изнашивания.

Различия в механизме этих видов изнашивания обуславливают, в свою очередь, различные критерии износостойкости и различные пути выбора износостойких пар при динамическом

#### Литература

1. Виноградов В.Н. Изнашивание при ударе 1982, 192 с.
2. Лившиц Л.С., Основы легирования наплавленного металла. Абразивный износ. М.: Машиностроение, 1969. — 188 с.: ил

Гарбузов В.В.

Научный руководитель: доцент кафедры АПМ и ТП, к.т.н. С.А. Силантьев  
 Муромский институт федерального государственного бюджетного  
 образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
 университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
 E-mail: valera\_garbuzov@mail.ru

### Исследование влияния режимов статико-импульсной обработки на износ деталей машин работающих в условиях абразивного трения

Абразивное изнашивание – это разрушение поверхности детали в результате его взаимодействия с твердыми частицами (абразивом). Абразивным материалом называют материал естественного или искусственного происхождения, зерна которого имеют достаточную твердость и обладают способностью резания (царапания). Такими частицами могут быть микровыступы, твердые частицы грунта, металлическая стружка, песок, оксидная пленка, нагар, продукты износа и т.д., попавшие в зону силового контакта сопряженных поверхностей. Твердые частицы могут находиться как в закрепленном состоянии (неподвижно закрепленные твердые зерна), так и в свободном.

Абразивному изнашиванию подвержены большое количество деталей машин, работающих в абразивной среде (ходовая часть гусеничных тракторов и дорожно-строительных машин, рабочие органы сельскохозяйственных машин и металлорежущих станков, узлы бурильного оборудования нефтяной и газовой промышленности и т.д.).

Основные задачи данной работы заключены в определении оптимальной методики проведения испытаний на абразивный износ и определение влияния статико-импульсной обработки на абразивный износ.

Принципиально все методы испытаний (Рис. 1) подразделяются на лабораторные и эксплуатационные. При этом могут быть лабораторные и стендовые. Стендовые методы испытаний должны имитировать основные эксплуатационные условия деталей машин, а лабораторные только устанавливают общие закономерности поведения материалов в тех или иных условиях. В данной работе использован метод испытания при трении о шлифовальный круг, так как он является наиболее приближен к реальным условиям



Рис. 1 – Методы испытаний на абразивное изнашивание

Геометрия трущихся поверхностей является одним из решающих факторов, влияющих на характеристики трения и абразивного изнашивания при работе деталей машин. Механизм

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

контакта трущихся поверхностей может быть представлен следующим образом. В начальный период работы трущихся поверхностей их контакт происходит по вершинам неровностей. Здесь возникают большие давления, часто превышающие предел текучести и даже временное сопротивление трущихся металлов.

Высота неровностей в период начального изнашивания трущихся поверхностей уменьшается на 65 ... 75 %, что приводит к увеличению фактической поверхности их контакта, а следовательно, к снижению фактического давления и уменьшению интенсивного изнашивания. Повышенное начальное изнашивание трущихся поверхностей принято называть периодом приработки.

Основной задачей при обработке поверхностей является создание геометрии, обеспечивающей минимальное время и износ периода приработки, а также минимальный износ при равновесном состоянии. Данные задачи можно решить применяя механическую обработку с оптимальными параметрами неровностей поверхности, создав требуемые направления и формы микронеровностей.

Основные причины повышения износостойкости поверхностей, обработанных ППД:

1. Уменьшение в результате ППД параметра шероховатости  $R_z$  в 5–10 раз и создание благоприятной обтекаемой формы микронеровностей.
2. Повышение твердости поверхности.
3. Создание в поверхностных слоях остаточных напряжений сжатия.
4. Отсутствие шаржирования поверхности при ППД.
5. Сохранение целостности волокон металла.

Обработка методами поверхностного пластического деформирования (ППД) состоит в силовом контактном воздействии деформирующего инструмента на поверхность заготовки в условиях их относительного движения. Процесс ППД осуществляется без снятия стружки путем деформирования микронеровностей и глубинных прилегающих к поверхности слоев материала. Статико-импульсная обработка (СИО) является одной из самых новых и развивающихся методов ППД, ее особенностью является комбинированное статическое и динамическое нагружение очага деформации. Метод заключается в предварительном статическом нагружении инструмента силой, имеющей постоянное значение в течение всего времени обработки, и периодическом импульсном нагружении. Инструмент монтируется на статически нагруженном волноводе.

Энергия импульсного воздействия формируется посредством удара бойка по волноводу и в виде волны сжатия сообщается в очаг деформации.

Способ нагружения, при котором инструмент удерживается в контакте с обрабатываемой поверхностью в течение некоторого времени, превышающего продолжительность ударного импульса, позволяет использовать для совершения полезной работы энергию не только головной части импульса, но и отраженных волн деформации. Этот процесс реализуется посредством специально разработанного гидравлического генератора механических импульсов (ГМИ).

Выводы: получили требуемую степень и глубину упрочненного слоя легированной стали, а также подобрали оптимальные режимы СИО для увеличения износостойкости деталей машин работающих в условиях абразивного трения.

### Литература

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справ. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
2. Киричек А.В., Лазуткин А.Г., Соловьев Д.Л. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностно-пластическим деформированием// Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 288с.;ил.
3. М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. Исследования изнашивания металлов. Изд-во АН СССР, 1960.
4. М.М. Хрущов. Классификация условий и видов изнашивания деталей машин.— В об. «Трение и износ в машинах», вып. VIII. Изд-во АН СССР, 1953.

Егоров С.С., Яшин А.С.

Научный руководитель доцент кафедры «АПМ» Силантьев С.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром Владимирской область, ул. Орловская, 23, E-mail:ppdsio@ya.ru

### **Исследование волновых процессов в ударной системе гидравлического молота**

Удар – одно из распространенных явлений, с которым приходится встречаться в практической деятельности. Технологии с использованием удара перспективны, они позволяют осуществлять воздействие на объект подвергаемый обработке усилиями превышающими более чем в несколько сот раз те, которые способны воспринимать опорные устройства технической системы, воспроизводящей удар.[1]

Удар – это явление, при котором в некоторый момент времени, принимаемый за начало удара, начинают совершать взаимодействия элементы механической системы, осуществляющими движение с различными скоростями. При этом материальные частицы механической системы могут обладать значительными ускорениями. Если появляющиеся при этом силы инерции соизмеримы с реакциями связей и заданными силами, расчет этой механической системы необходимо вести в условиях динамического нагружения с учетом сил инерции. Такое нагружение стержня будут называть ударным нагружением.[2]

В ударной системе может быть реализовано еще одно преимущество: тело, совершающее удар, и подвергаемый обработке объект могут располагаться на разных участках технологического пространства. Передача механической энергии для осуществления работы происходит через систему сопряженных тел при влиянии на подвергаемый обработке объект. Эффективность этой системы может быть достигнута, если обладать достаточными знаниями и представлениями о протекающих в ударной системе динамических процессах.

Существует обширный ряд устройств ударного действия, в основу действия которых положены разные принципиальные схемы обеспечения периодического движения ударной массы. Наиболее широкое распространение приобрели устройства гидравлические, электромагнитные, пневматические, комбинированные (пневмогидравлические, электромеханические и другие).

Чем более прочен материал, который надо разрушить, тем больше необходима энергия единичного удара. Чем более толстые слои твердых покрытий и конструкций нужно пробивать, тем большая энергия удара необходима. Наиболее важная характеристика при работе с вязкими материалами - это энергия удара.

Получить один и тот же показатель энергии удара можно как за счет его скорости, так и благодаря массе бойка. При равной энергии удара наиболее эффективным считают гидромолот, масса бойка у которого больше.

Довольно широко используются в технологических машинах, гидравлические устройства ударного действия, предназначенные для осуществления разрушения прочных и мерзлых грунтов, горных пород, строительных материалов.

При решении тех или иных вопросов проектирования ударных машин и технологий довольно часто возникает задача продольного удара. При осуществлении удара в ударном сечении стержня возникают значительные по величине ударные силы. Между технологической средой, и телом, совершающим удар, как правило, находится промежуточное звено (рабочий инструмент), представляющее собой определенной длины и конфигурации стержень.

Ударное воздействие на технологическую среду увеличивает эффективность технологической операции. Однако ударное взаимодействие между телами приводит к значительным динамическим нагрузкам, прогнозирование которых является одной из важных задач проектирования ударных технологий и машин.

Исследования, относящиеся к решению проблемы продольного удара, демонстрируют, что в процессе удара тел происходит возбуждение в области контакта волн деформаций. Эти волны

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

расходятся с определенной скоростью, выполняя передачу энергии для осуществления воздействия на технологический объект. Определение этих волн связано с изучением волновых процессов в соударяемых телах.

### Литература

1. Манжосов В. К. Модели продольного удара / В. К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 160 с.
2. Манжосов, В. К. Моделирование продольного удара в стержневых системах неоднородной структуры / В. К. Манжосов, В.В. Слепухин. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 208 с.

Клименков И.И., Кочетков А.В

Научный руководитель - к.т.н., доцент, Никитина Любовь Геннадьевна.

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23, тел: (49234) 77-1-01.

E-mail: Armitp@yandex.ru

### Кинематический расчет привода главного движения станка с ЧПУ.

В современных станках с числовым программным управлением используется бесступенчатое регулирование частот вращения шпинделя, реализуемое регулируемым электродвигателем (ЭД) постоянного или переменного тока. Известно, что диапазон регулирования ЭД при постоянной мощности ограничен и не соответствует требованиям привода главного движения, поэтому чаще используется двух-трех ступенчатая коробка скоростей (КС), которая помогает расширить этот диапазон.

Расчёт кинематической схемы привода инициируется с выбора ЭД накладывая требуемые нагрузочные характеристики на реализуемые, при этом требуемые характеристики должны превышать реализуемые, хотя допускается уменьшение (провал) мощности от 20% до 25% .

Проектируемый привод должен обеспечивать мощность не менее 22,0 кВт в диапазоне частот вращения 450...3000 мин<sup>-1</sup> и крутящий момент  $M_{ш} \geq 800$  Нм в диапазоне частот 45...450 мин<sup>-1</sup>.

Выбираем ЭД типоразмера 4ПФ 138S NH=22,0 кВт,  $n_n=1000$  мин<sup>-1</sup>,  $n_{max}=3000$  мин<sup>-1</sup>:

1. Построим график частот вращения (рис.1). Построение графика начинаем с нижних частот вращения – с 1-го диапазона. При кинематическом расчёте используем следующие выражение:

$$- 0,25 \geq i_1 \geq 2; \tag{1}$$

$$- i_1 > i_2; \tag{2}$$

где,  $i_1, i_2$  – передаточные отношения зубчатых передач привода.

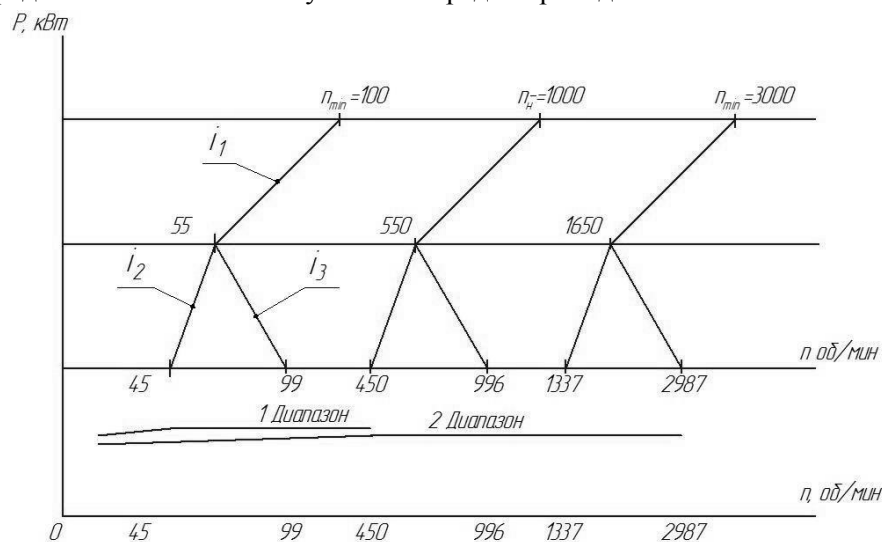


Рис.1. График мощностей.

Выбираем коробку с  $Z = 2$ . Общее передаточное отношение между валами I и III в диапазоне I должно быть  $i_n \geq 0,2$ ; при этом очевидно, что  $i_n = i_1 \cdot i_2$ . Выбираем значения  $i_1 = 550/1000 = 0,55$ ,  $i_2 = 450/550 = 0,81$  и следовательно  $i_n = 0,55 \cdot 0,81 = 0,44$ .

При этом условия 1)...2) выполняются. Номинальная частота вращения двигателя

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

$n_{ДВ}^H$   $n_{ДВ} = 1000$  мин-1 соответствует частоте вращения промежуточного вала II -  $n_{II} = n_{ДВ}^H \cdot i_1 = 1000 \cdot 0,55 = 550$  мин-1 и частоте вращения шпинделя (расчётной точке) -

$$n_p = n_{II} \cdot i_2 = 550 \cdot 0,81 = 445 \text{ мин-1 или.}$$

Диапазон верхних частот вращения 2 обеспечивается при включении передач  $i_1$  и  $i_3$  (лучи 1 и 3)  $i_b = i_1 \cdot i_3$ . Подбираем передаточное отношение  $i_3$  таким образом, чтобы при переключении диапазонов сохранялось регулирование при постоянной мощности (или «провал» мощности был в допустимых пределах).

Принимаем  $i_3 = 1000/550 = 1,81$ . Тогда передаточное отношение в диапазоне 2:  $i_b = 0,53 \cdot 1,81 = 0,95$ . Таким образом, привод имеет две механические ступени - два диапазона регулирования частот вращения шпинделя: диапазон 1 -  $n_{ш} = 45 \dots 445$  мин-1; диапазон 2 -  $n_{ш} = 445 \dots 3000$  мин-1;

Внутри каждого диапазона регулирование выполняется изменением частот вращения двигателя. Переключение с одного диапазона на другой осуществляется смещением блока зубчатых колёс.

### Литература

1. Бушуев В.В. Металлорежущие станки, т.2. - М.: Машиностроение, 2012. - 586 с.



Левченко К.П., Чумаков Е.А., Офицеров М.А.  
Научный руководитель к.т.н., доцент Силантьев С.А.  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром Владимирской область, ул. Орловская, 23, E-mail:ppdsio@ya.ru

### **Анализ мероприятий по модернизации грузоподъемного оборудования**

Сегодня большинству кранового оборудования необходима модернизация или замена. Как правило, до этого момента проходит 18 лет с момента выпуска. Безусловно, в силу отдельных факторов усовершенствование крана возможно и раньше, к примеру, при смене направления производства. Всегда научно-технические операции по замене и модернизированию, как отдельных частей, так и всего кранового оборудования осуществляются командой высококвалифицированных специалистов.

К модернизации крана относятся операции замены следующих элементов и оснащения:

- грузоподъемной тележки;
- механизмов перемещения тележки;
- колес концевых балок;
- приводов перемещения;
- проводки с целью управления краном;
- системы управления крана или ее отдельных элементов.

Даже при незначимой модернизации улучшаются рабочие свойства крана, а при абсолютной смене основных его узлов увеличивается надежность и эффективность, не говоря уже о безопасности. Из числа прочих преимуществ модернизации крановой техники можно отметить:

1. понижение расходов на техобслуживание;
2. повышение прочности;
3. увеличение времени работы;
4. улучшение общей производительности.

Комплексное усовершенствование грузоподъемного оборудования - работа весьма серьезная и требует индивидуального подхода к каждому конкретному случаю, однако, высококачественное усовершенствование включают в себя последующие ключевые этапы:

- получение начальных данных о необходимых объемах работ по модернизации в соответствии с текущим состоянием грузоподъемного оборудования и индивидуальными пожеланиями и требованиями;
- ознакомление с имеющейся технической документацией на грузоподъемное оборудование;
- подготовка нами коммерческого предложения по модернизации, включающего в себя:
  - визуальное, или с применением неразрушающих методов анализа, исследование состояние металлоконструкций крана;
    - замена (с усилением) поврежденных или изношенных металлических частей крана (как правило это: ходовая балка; грузовая тележка; стяжки; ролики; ходовые колеса и т.д.);
    - комплексная замена электрооборудования крана;
    - замена кабины управления с установкой новой современной и высокотехнологической кабины и, при необходимости, установкой системы дублирующего радиоуправления;
    - замена системы управления узлами крана с установкой частных преобразователей;
    - частичное, а при необходимости, и полное восстановление защитного лако-красочного покрытия металлических частей крана;
    - замена ходовой части крана с установкой мотор-редукторов на передвижение крана, что обеспечит быструю, безопасную и надежную работу всего крана;
  - подготовка всей необходимой документации по модернизации.

*А.Д. Морозов, А.В. Шатыгин*  
Научный руководитель: доц., к.т.н. А.В. Волченков  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23  
E-mail: [oid@mivlgu.ru](mailto:oid@mivlgu.ru)*

### **Восстановление и ремонт коленчатых валов**

Коленчатые валы – это детали, работающие в условиях высоких циклических нагрузок и подверженные контактно-усталостному изнашиванию. В связи с этим, со временем деталь теряет свою работоспособность и не способна выполнять требуемых задач. Зачастую, ввиду высокой стоимости, нерентабельности и сложности изготовления новой детали, предпочтительным является восстановление и ремонт изношенного коленчатого вала.

Существует несколько способов восстановления валов. К ним относятся:

- шлифование до уменьшенного размера опорных шеек, для валов, у которых поверхность износа является равномерной, с последующим применением вкладышей или втулок большей толщины для компенсации;
- правка и шлифование до ремонтного размера, в случае деформированных валов;
- в случае сильного износа и деформации – предварительное шлифование, далее наплавка либо наварка с последующей правкой и чистовым шлифованием в необходимый размер;
- правка коленчатого вала, в случае когда износ отсутствует, а вал имеет высокие остаточные деформации;
- напыление покрытий с износостойкими свойствами;
- гальванические покрытия (хромирование, никелирование и т.д.);
- ремонт за счет установки дополнительных деталей.

Перед технологом стоит задача выбора способа восстановления изношенных деталей, поэтому необходимо учитывать конструктивные и технологические особенности детали, режимы, условия работы и эксплуатации, степень её износа, свойства материала, чтобы в итоге определить возможную долговечность отремонтированной детали, а также рассчитать стоимость её ремонта и восстановления.

Технологический процесс ремонта изношенной детали включает в себя следующие этапы: обзор условий эксплуатации; конструктивные особенности; выявление возможных дефектов с описанием каждого; разработка операционной последовательности ремонта детали; расчёт необходимых припусков и норм времени.

Далее определяется наиболее оптимальный способ восстановления. Выбор производится, опираясь на рассчитанный критерий долговечности (коэффициент долговечности). Он определяется для каждого способа ремонта в зависимости от условий работы. Коэффициент долговечности рассчитывается как отношение долговечности отремонтированной к долговечности новой детали. Данный критерий обуславливает возможную работоспособность.

Выбор базовых поверхностей для обработки выбирается с расчетом, чтобы при установке и зажиме детали в приспособлении, она не смещалась и не деформировалась из-за влияния силы резания. Если во время эксплуатации базовые поверхности детали не были деформированы или изношены, то они являются предпочтительными и при восстановлении.

Необходимо провести анализ перечисленных методов восстановления и ремонта, выявить их достоинства и недостатки и определить наиболее эффективный и экономичный метод. При восстановлении вала до номинального размера, например напыление износостойких покрытий, напыленный слой имеет низкую прочность сцепления материала детали и самого слоя. Но при использовании этого способа не происходит структурных изменений материала детали, не возникает коробления и усталостная прочность сохраняется на прежнем уровне. В случае применения способа наплавки при восстановлении, меняется структура основного материала детали, из-за воздействия высокой температуры возникает коробление, снижается прочность.

## Секция 28. Современные технологии в машиностроении

Однако, достоинством такого метода является восстановление размера до номинального с возможностью повышения эксплуатационных характеристик поверхностного слоя за счет применения легирующих элементов.

При соблюдении всех необходимых требований и выборе оптимального способа восстановления, возможно достижение требуемого качества отремонтированных поверхностей, а также повышение эксплуатационных характеристик. Пренебрежение данными требованиями ведет к ускоренному износу как самого коленчатого вала, так и сопряженных с ним деталей, что в последствии приведет в аварийной ситуации.

В. В. Тимаков

Научный руководитель: доцент кафедры АПМ и ТП, к.т.н. А.В. Волченков  
 Муромский институт федерального государственного бюджетного образовательного  
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264 г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
 E-mail: [rzhevsky-box@mail.ru](mailto:rzhevsky-box@mail.ru)

### Схема износа свёрл при обработке алюминиевых сплавов

Обработка инструментом всегда связана с трением и износом. Износ инструмента во время резания не только сокращает срок службы режущего инструмента, но и приводит к увеличению шероховатости поверхностей заготовок. Оптимальный процесс обработки – это процесс с максимальной скоростью резания и минимальным износом инструмента. Это может быть достигнуто путем выбора соответствующих режимов обработки. Изменение режимов трения (ИРТ) является хорошим средством выбора подходящих условий обработки и может отражать скорости износа в различных условиях, и показывает переход от одного механизма износа к другому.

В данном исследовании сделана попытка построения схемы износа свёрл при сверлении литых алюминиевых сплавов АК4 без смазки и определена зона безопасности, в которой скорость износа будет минимальной. Также схему износа можно использовать для прогнозирования износа инструмента. Схема износа по задней поверхности инструмента построена в следующих координатах: скорость резания по оси абсцисс, подача - по оси ординат. Лучшее значение скорости изнашивания - это безразмерная характеристика на схеме износа, которая зависит от длины обработки (резания) [1].

Область диаграммы представляет собой изменение скорости износа сверла в зависимости от параметров сверления. На этой диаграмме можно выявить четыре области, разделенные границами, характеризующими существенное изменение скорости износа и формы стружки (рисунок 1).

В центре имеется область с минимальным износом по задней поверхности сверла в исследованном диапазоне обработки.

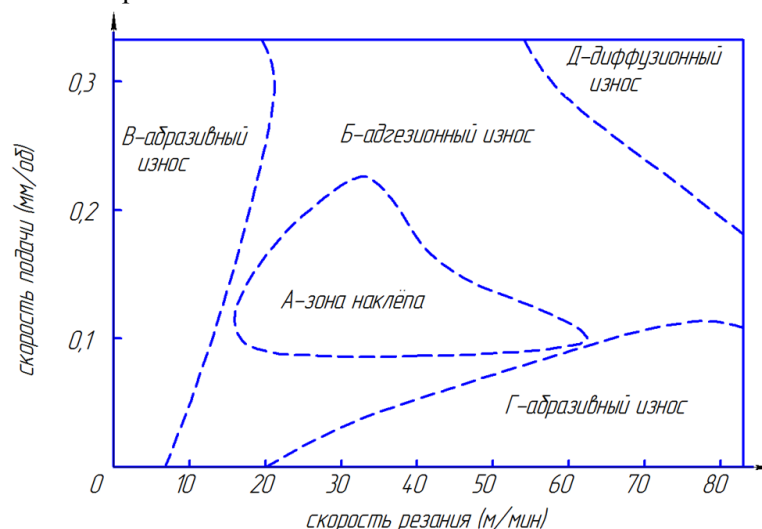


Рис. 1 – Характер износа по задней поверхности сверла

Анализ износа задней поверхности сверла показывает, что основные виды износа различны в каждой отдельной области ИРТ.

На графике показаны различные механизмы износа сверла. Область А – зона безопасности, создающая стабильный наклёп на режущей кромке. Из-за наклёпа инструмента, скорость износа в этой области является незначительной. Область Б – это область преимущественно

адгезионного износа. Области В и Г – это области абразивного износа. Область Д – это область преимущественно диффузионного износа. Образование наклёпа при контакте инструмента с материалом также можно рассматривать как адгезионный износ. Таким образом на схеме можно выделить пять областей и три вида износа: адгезионный, абразивный и диффузионный.

В области А происходит стабильный наклёп, который снижает износ сверла. При изучении структуры изношенной боковой поверхности сверла микроскопом при скорости резания 20 м/мин и скорости подачи 0,1 мм/об образуется небольшой металлический клин на границе главной режущей кромки. Наклёп имеет слоистую структуру, появившуюся в результате контакта инструмента и обрабатываемого материала. Кроме того, его прочность очень высока за счёт многократного деформационного упрочнения – 158 НV. В качестве дополнительного упрочнения режущей кромки, наклёп способен существенно усилить режущую кромку при сверлении алюминиевого сплава, его существование уменьшает износ инструмента.

В области Б, находится зона адгезионного износа. Структура поверхности инструмента при скорости резания 50 м/мин и скорости подачи 0,2 мм/об была изучена при помощи микроскопа. На относительно гладкой поверхности с параллельными гребнями наблюдаются адгезионные углубления. Стружка, образованная в этой области довольно крупная. Она может периодически накапливаться в канавках сверла.

Абразивный износ показан в областях В и Г. Структура изношенной поверхности сверла при скорости резания 10 м/мин и скорости подачи 0,2 мм/об была проанализирована с помощью микроскопа. На изношенной поверхности видны следы канавок. Имеются глубокие царапины и трещины на поверхности инструмента. На поверхности имеются частицы карбида.

В области Д преобладающим механизмом износа является диффузия. Она зависит от температуры. Температура повышается с увеличением скорости резания и подачи. Это приводит к быстрому износу сверла. Вся стружка накапливается на передней поверхности инструмента и в канавках. Стружка имеет необычную форму: отдельные её фрагменты соединены благодаря высокой температуре.

Выводы:

1. На схеме скорости износа пять зон, разделённых на основе измерения скорости износа и его анализа.
2. Выявлено три типа механизмов износа: адгезионный износ, абразивный износ и диффузионный износ. Они обнаружены при исследовании изношенной поверхности с помощью микроскопа.
3. Схема была построена в соответствии с принципами и методами построения механизма износа. Области А и Б – адгезионного износа, области В и Г – абразивного износа, Д – диффузионного износа.
4. На схеме присутствует область незначительного износа – «зона безопасности». Режимы сверления в этой области оптимальны. Данная схема механического износа будет хорошим справочником для выбора подходящих параметров при сверлении алюминиевых сплавов. Это повысит эффективность производства и снизит его стоимость.

#### Литература

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.