

УДК 621.921.048.6

А.А. ПРОКОПЕЦ

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ИЗНОСА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВИБРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Выполнен анализ механизмов износа абразивной рабочей среды при виброабразивной обработке и его влияния на ее режущую способность. Решены основные задачи по стабилизации показателей качества обрабатываемых деталей, обусловленных состоянием рабочей среды.

Ключевые слова: виброабразивная обработка, износ рабочей среды, стабилизация процесса.

Введение. Технологические возможности виброабразивной обработки достаточно широки. Она может использоваться для очистки литых заготовок от остатков формовочной смеси, для зачистки заусенцев на штампованных заготовках, для очистки деталей от нагара и трудноудаляемых загрязнений при ремонте и восстановлении деталей машин, а также для отделочной обработки (виброшлифование и виброполирование) и др. Так как во многих случаях виброабразивная обработка применяется в качестве финишной, то большое значение для обеспечения качества обрабатываемых деталей имеет высокая стабильность получаемых результатов.

Особенностью виброабразивной обработки является отсутствие жесткой связи между обрабатываемой заготовкой и инструментом (рабочей средой) [1]. В связи с этим виброабразивная обработка лишена ряда недостатков, характерных для обработки шлифовальными кругами. Даже при затуплении режущих кромок абразивных зерен не происходит увеличения температуры в зоне резания, так как отсутствие жестких связей в системе «инструмент - деталь» и постоянство упругих отжатий обеспечивают достаточно хорошую стабилизацию сил резания. По этой же причине отсутствуют такие составляющие износа, как температурная, диффузионная и адгезионная, даже при черновой обработке (например, при очистке литых заготовок).

Все эти особенности виброабразивной обработки (ВиАО) говорят о достаточно высокой надежности процесса. Анализ надежности элементов технологической системы ВиАО, в обобщенном виде представленный на рис.1, показывает, что элементом с наименьшей надежностью

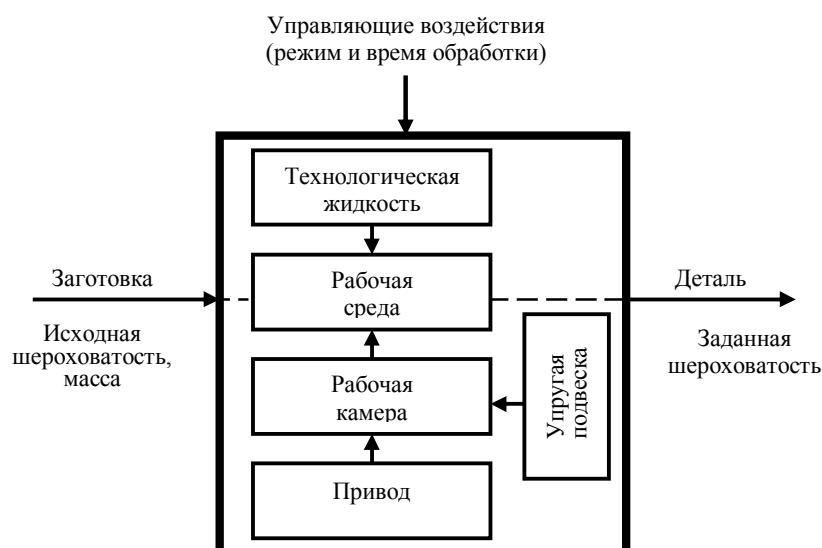


Рис. 1. Обобщенная схема технологической системы виброабразивной обработки

в системе является рабочая среда, подверженная, как и любой абразивный инструмент, износу.

Износ абразивного инструмента является одним из важнейших параметром абразивной обработки, так как во многом определяет расход рабочей среды, качество обработанной поверхности изделия и производительность процесса, а также его стабильность. Поэтому задачей исследований является изучение закономерностей изнашивания рабочей среды с целью прогнозирования и управления стабильностью технологического процесса ВиАО, в той его части, которая зависит от состояния рабочей среды (режущей способности, размеров и правильности формы абразивных гранул, объема загрузки рабочей камеры и др.).

Анализ механизмов износа рабочей среды при ВиАО. Для оценки износа абразивного инструмента обычно используют два показателя:

- среднюю скорость износа, т.е. количество (по объему и массе) удаленного обрабатываемого материала в единицу времени работы инструмента Q_a ;
- удельный износ, т.е. объемное или массовое количество изношенного абразива, отнесенное соответственно к единице объема или массе сошлифованного металла q .

Учитывая, что характер протекания износа абразивной среды во времени при виброабразивной обработке носит нелинейный характер, первый показатель не обеспечит корректности оценки. Поэтому наиболее важным для практики критерием оценки износа абразивного инструмента (среды, состоящей из абразивных гранул) является удельный износ. Износ приводит к изменению режущей способности абразивных гранул, а следовательно, к нарушению стабильности протекания процесса. Причиной этого может быть следующее:

- затупление режущих кромок абразивных частиц;
- уменьшение объема загрузки рабочей камеры;
- уменьшение размеров частиц рабочей среды;
- загрязнение рабочей среды продуктами износа самих гранул и микростружкой.

Абразивные зерна, участвующие в процессе резания, при контакте с обрабатываемой поверхностью испытывают периодическое силовое и тепловое воздействие, в результате чего возможно:

- истирание вершин режущих кромок абразивных зерен, появление на них площадок износа и налипших частичек металла, что приводит к резкому падению режущей способности инструмента;
- выкрашивание (скалывание) микрочастиц абразивных зерен вследствие ударного характера нагрузки и усталостного разрушения, то есть режим частичного самозатачивания;
- вырывание целых абразивных зерен из связки (обрыв связей) и удаление самой связки путем выкрашивания или срезания (в зависимости от характеристик связки) за счет контакта с другими абразивными гранулами, то есть режим самозатачивания.

Учитывая, что при виброабразивной обработке применяется в значительной части мягкий абразивный инструмент, когда прочность закрепления зерен в инструменте ниже прочности самого абразивного зерна, работает в основном последний механизм износа, то есть обрыв связей и вырывание целых абразивных зерен из связки. Вероятность проявления первых двух механизмов износа весьма мала. Это обеспечивает самозатачивание абразивных гранул и сохранение стабильности их режущей способности в течение достаточно длительного периода времени, что, в свою очередь, в значительной степени обеспечивает стабильность получения параметров качества поверхности обрабатываемых деталей.

Однако такой механизм износа частиц абразивной среды приводит к изменению как формы, так и массы и размеров частиц рабочей среды, что, в свою очередь, обуславливает уменьшение объема и соответственно всей загрузки рабочей камеры и, как следствие, изменение режущей способности абразивного инструмента.

При экспериментальном исследовании влияния изменения объема загрузки рабочей камеры на технологические параметры системы ВиАО, в частности, рассматривались зависимости из-

менения режущей способности рабочей среды и ее износа при уменьшении объема загрузки. На рис.2,а приведены экспериментальные зависимости режущей способности абразивной рабочей среды (призм трехгранных ПТ10) при обработке заготовок из таких распространенных в машиностроении материалов, как сталь Ст3 и алюминиевый сплав Д16, от объема загрузки рабочей камеры.

На рис.2,б и 2,в показаны зависимости удельного износа рабочей среды при аналогичном изменении объема загрузки. Режим обработки: амплитуда колебаний рабочей камеры $A=2,5$ мм, частота колебаний рабочей камеры $f=33$ Гц; оборудование: станок УВГ 4х10; условия обработки: промывка 3%-ным содовым раствором.

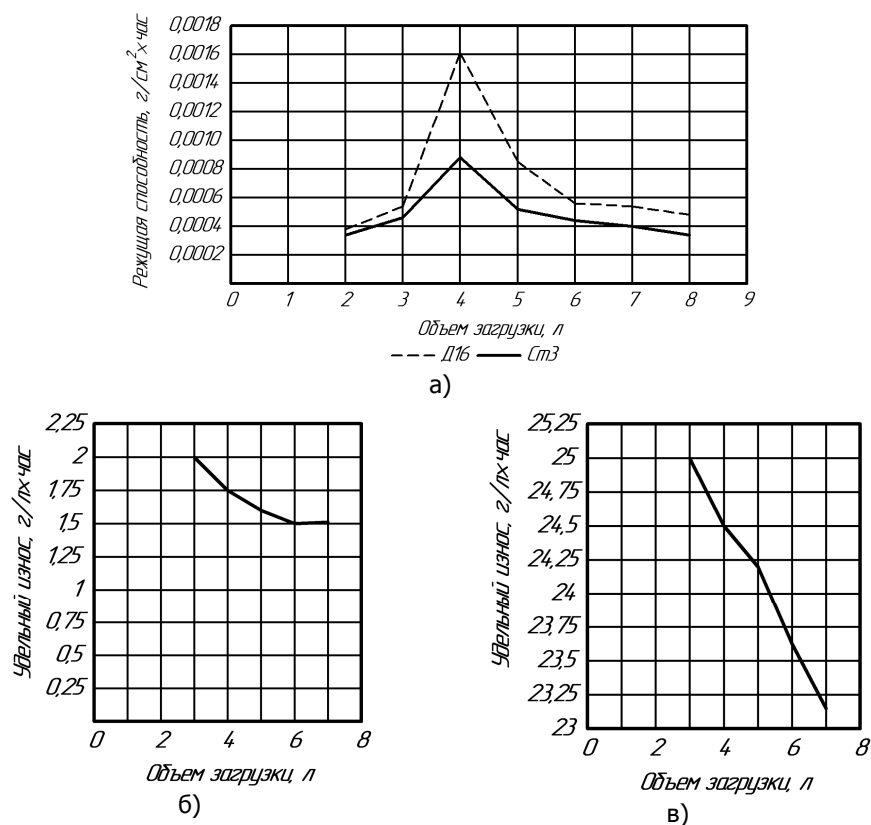


Рис.2. Влияние объема загрузки рабочей камеры на режущую способность рабочей среды (а); на удельный износ рабочей среды (фарфоровые шары) (б); на удельный износ рабочей среды (в); призмы трехгранные ПТ10

Анализ графиков показывает, что скорость износа рабочей среды достаточно быстро падает с уменьшением объема загрузки рабочей камеры. Например, для рабочей среды ПТ10 (призма трехгранная с размером грани 10 мм) снижение скорости износа при изменении объема загрузки с 7 до 6 л составляет 12,5%, а для фарфоровых шаров ($\varnothing 6$) – 27%. При этом удельный износ среды фарфоровых шаров (массовое количество изношенного абразива, отнесенное к единице массы сошлифованного металла) при максимальной загрузке рабочей камеры составляет для заготовок из сплава Д16Т – 0,4, а для заготовок из стали Ст3 – 2,65.

Зависимость режущей способности от объема загрузки для различных сред имеет экстремальный характер. В точке, соответствующей максимальной режущей способности, скорость износа составляет: для призм ПТ10 – около 1% в час от общей массы загрузки, для фарфоровых шаров – около 0,1% в час (что говорит о достаточно высокой стабильности). Этому же объему загрузки соответствует и максимальная скорость циркуляции массы загрузки в рабочей камере,

что является дополнительным фактором, подтверждающим, что при этом объеме загрузки обработка будет идти с максимальной производительностью. Однако это утверждение верно только для определенного соотношения рабочей среды и обрабатываемых заготовок в массе загрузки, а также для конкретного режима обработки.

При черновой виброабразивной обработке возможно объемное разрушение абразивных зерен с частичным восстановлением режущей способности абразивного инструмента. Эта разновидность износа весьма опасна, так как может привести к образованию частиц рабочей среды с размерами, близкими к размерам отверстий и пазов в обрабатываемых заготовках (которые не должны обрабатываться), и, как следствие, заклиниванию в них абразива. Однако при правильно выбранной абразивной среде, а также при чистовой обработке вероятность проявления этого вида износа крайне мала.

Безусловно, износ рабочей среды зависит не только от объема загрузки и физико-механических характеристик обрабатываемых заготовок, но и от целого ряда других факторов, в частности, зернистости и объемного содержания абразива в грануле, размера и формы абразивной гранулы, характеристик связки, объемного или массового соотношения заготовок и рабочей среды в массе загрузки, режима обработки и др.

Анализируя данные, приведенные в работе [2], можно заметить значительную зависимость износа абразивной гранулы от ее формы. В работе рассматривались формы гранул, вписанные в конус с вершиной 60 градусов; в основании пирамид – вписанные правильные многоугольники и мальтийский крест, а также окружность. Зависимость износа среды от отношения угла многоугольника в основании призмы к количеству этих углов, представленная на рис.3, показывает однозначную корреляционную связь между этими параметрами.

Сравнивая приведенные в работе данные по износу и режущей способности абразивных гранул, несложно заметить, что при росте съема в 33% при обработке в среде абразивных гранул с наименьшим отношением угла многоугольника в основании призмы к количеству этих углов, износ гранул также возрастает на 31%. Размерный износ гранулы и нарушение ее правильной геометрической формы происходят главным образом из-за выкрашивания абразивных зерен и вырывания их из связки с последующим ее износом. В конечном счете форма всех гранул стремится к конусообразной, и преимущество в величине съема теряется, масса и размеры гранул уменьшаются, и их режущая способность оказывается ниже, чем у конусов. Учитывая большую стоимость изготовления таких абразивных гранул (по сравнению с конусами) и более частую их замену при эксплуатации в связи с повышенным износом, можно прийти к выводу, что большую стабильность процесса обеспечивают гранулы более простой геометрической формы.

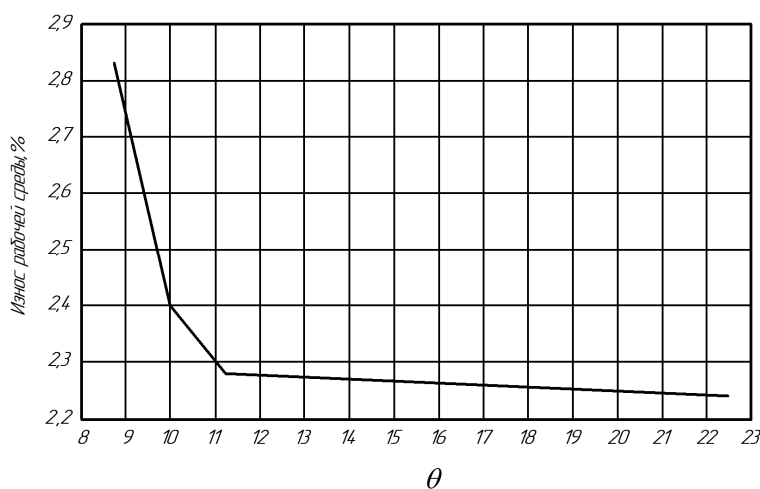


Рис.3. Зависимость износа абразивной гранулы от ее формы, определенной как отношение угла в основании правильной многоугольной пирамиды к количеству углов в многоугольнике θ [2]

Износ, как и режущая способность, достаточно сильно зависит от зернистости абразивной гранулы и ее размеров. Анализ результатов исследований, приведенных в [3], показывает, что при обработке различных материалов прирост режущей способности абразивных гранул на полимерной основе при изменении размера гранулы с 6 до 30 мм составляет около 24%, износ при этом увеличивается на 36-50%, что объясняется в основном увеличением площади контакта гранулы не только с обрабатываемой заготовкой, но с соседними абразивными гранулами, увеличением количества абразивных зерен, совершающих полезную работу, а также с увеличением сил резания, вызванным ростом массы отдельной гранулы и всей массы загрузки в целом. Характер изменения износа и режущей способности гранул на полимерной основе при увеличении зернистости аналогичен (рис.4,5). Эти зависимости могут быть аппроксимированы линейными функциями.

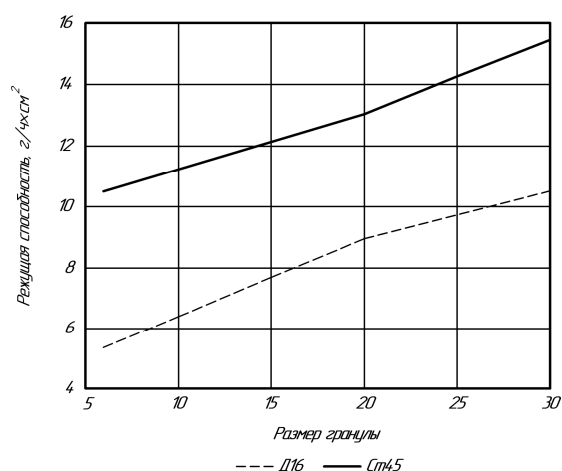


Рис.4. Зависимость режущей способности абразивных гранул на полимерной основе от их размера [3]

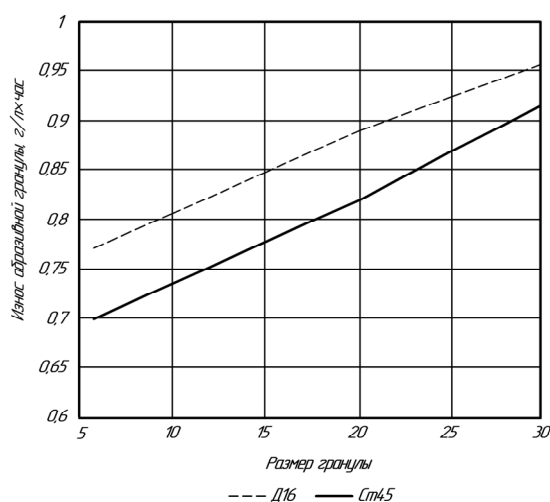


Рис.5. Зависимость износа абразивных гранул на полимерной основе от их размера [3]

На износ абразивной среды при виброабразивной обработке оказывает влияние еще целый ряд факторов, в том числе режим обработки, соотношение заготовок и рабочей среды в массе загрузки, зернистость рабочей среды и др.

Таким образом, выполненный в работе анализ механизмов износа абразивной рабочей среды при ВиАО и его влияния на ее режущую способность показал, что рабочая среда является элементом технологической системы, имеющим минимальную надежность. Анализ также позволил выявить основные задачи по стабилизации показателей качества обрабатываемых деталей, обусловленных состоянием рабочей среды. Результаты анализа подтверждаются экспериментальными исследованиями.

Износ рабочей среды, в свою очередь, приводит к снижению ее функциональных качеств, к потере потребительской ценности, оказывает большое влияние на стабильность технологического процесса ВиАО. Поэтому выявление закономерностей изнашивания рабочей среды и прогнозирование ее износа позволят в значительной мере нейтрализовать его вредные последствия, выявить критерии непригодности рабочей среды для дальнейшей эксплуатации, повысить стабильность процесса и качество обрабатываемых заготовок, что доказывает актуальность исследований.

Библиографический список

1. Тамаркин М.А. Теоретические основы оптимизации процессов обработки деталей свободными абразивами: дис. ... д-ра техн. наук / М.А. Тамаркин. – Ростов н/Д, 1995. – 238 с.
2. Лубенская М. Исследование влияние геометрии абразивных гранул на производительность процесса вибрационной обработки / М. Лубенская // Вестник КДПУ им. М. Остроградского. – 2009. – Вып. 2. – Ч.1. – С.56-59.
3. Бойко М.А. Повышение технологических характеристик абразивных гранул для виброабразивной обработки: дис. ... канд. техн. наук / М.А. Бойко. – Ростов н/Д, 2000. – 167 с.

Материал поступил в редакцию 05.11.09.

A.A. PROKOPETS

THE ANALYSIS OF MECHANISMS OF DETERIORATION OF ACTUATING MEDIUM AT VIBRATIONAL ABRASIVE MACHINING

The analysis of the mechanisms of deterioration of abrasive actuating medium in-process made at vibrational abrasive machining and its agencies on its cutability is done. As primal problems on stabilisation of figures of merit of the workpieces caused by the condition of actuating medium have been in-process determined. The outcomes of the experimental researches confirming drawn leading-outs are resulted.

ПРОКОПЕЦ Анатолий Александрович (р. 1984), аспирант кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета. Окончил ДГТУ (2007).

Область научных интересов: повышение надежности технологических процессов вибрационной обработки.

Автор 7 научных публикаций.

anatoliy_dstu@mail.ru