

УДК 621.9.048.4

**М. Г. Киселев, д-р техн. наук, проф., А. В. Дроздов, канд. техн. наук, доц., В. Л. Габец****ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ, СООБЩАЕМЫХ НАКАТНОМУ РОЛИКУ В ПРОЦЕССЕ ШАРЖИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ, НА АБРАЗИВНУЮ СПОСОБНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОЛУЧАЕМОГО НА НИХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ**

Представлены результаты экспериментальных исследований, отражающие влияние направления ультразвуковых колебаний, сообщаемых в процессе шаржирования накатному ролику, на эксплуатационные показатели полученного на поверхности дисков алмазосодержащего покрытия. Установлено, что применение в процессе шаржирования ультразвуковых колебаний позволяет повысить как абразивную способность, так и износостойкость алмазосодержащего покрытия. При этом наибольшее значение этих показателей обеспечивается при сообщении накатному ролику ультразвуковых колебаний под углом  $45^{\circ}$  относительно вектора окружной скорости контактной точки диска и встречном методе шаржирования. Предложено ввести критерий шаржируемости материала в зависимости от его механических свойств.

**Введение**

Операция шаржирования, целью которой является насыщение обрабатываемой поверхности абразивными (алмазными) частицами, широко применяется при производстве различного инструмента, в частности, доводочных плит и планшайб, возможных притиров, а также ограночных и распиловочных дисков, используемых для обработки твердых и сверхтвердых материалов, в том числе монокристаллов алмаза [1, 2].

Уровень эксплуатационных показателей таких инструментов (режущая способность, износостойкость, качество обработанной поверхности) в первую очередь определяется характеристиками сформированного на их рабочих поверхностях алмазосодержащего покрытия: количеством и средним размером внедрившихся алмазных (абразивных) частиц, равномерностью их распределения на шаржированной поверхности, прочностью закрепления в ней и их разновысотностью в полученном покрытии.

Как показали результаты ранее выполненных исследований [3–5], эффективным способом повышения качества шаржирования поверхностей является сообщение деформирующему инструменту (накатному ролику) ультра-

звуковых колебаний, направленных перпендикулярно обрабатываемой поверхности.

В этом случае процесс качения ролика сопровождается его высокочастотным дискретным (вибродарным) взаимодействием с обрабатываемой поверхностью, в результате чего интенсифицируется по сравнению с шаржированием в обычных условиях процесс динамического вдавливания в нее абразивных (алмазных) частиц. Однако эти результаты были получены при шаржировании поверхности образцов только из одного металла (латунь Л62) и при сообщении ролику ультразвуковых колебаний только в одном направлении – перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Поэтому для более полного раскрытия технологических возможностей процесса шаржирования с ультразвуком необходимо располагать данными, отражающими влияние направления сообщаемых ролику колебаний на абразивную способность и износостойкость алмазосодержащего покрытия, полученного на поверхностях различных металлов.

Цель данных исследований заключалась в количественной оценке влияния направления ультразвуковых коле-

баний, сообщаемых накатному ролику в процессе шаржирования металлических поверхностей, на абразивную способность и износостойкость получаемого на них алмазосодержащего покрытия.

### Методика проведения экспериментальных исследований

Для выполнения экспериментов по шаржированию поверхности образцов и последующему определению абразивной способности и износостойкости по-

лученного на ней алмазосодержащего покрытия была создана специальная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Установка состоит из узла привода вращения диска (образца), акустической колебательной системы с накатным роликом (инструмента) и системы его прижатия к шаржируемой поверхности диска. Первый узел включает в себя электродвигатель постоянного тока, на валу которого закрепляется диск 1.

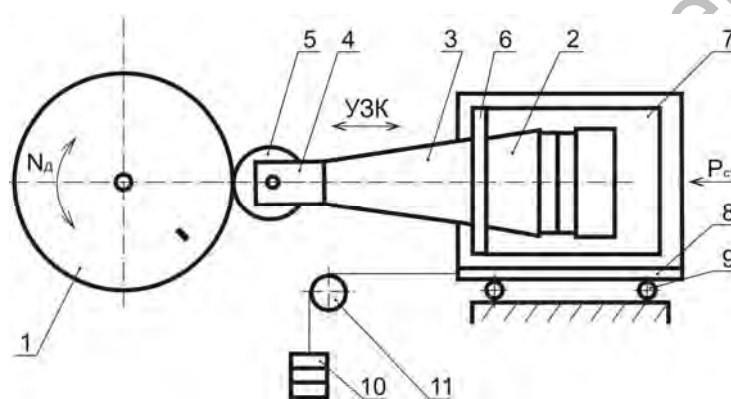


Рис. 1. Принципиальная схема установки, примененной в экспериментальных исследованиях

Частота его вращения регулируется путем изменения напряжения, подаваемого на электродвигатель. Акустическая колебательная система состоит из пьезо-керамического ультразвукового преобразователя продольных колебаний 2 и конического концентратора 3. На его выходном торце закреплена вилка 4 с осью, на которой с возможностью вращения установлен накатный ролик 5. В узловом сечении концентратора выполнен фланец 6, с помощью которого акустическая головка крепится к угловому кронштейну 7, установленному на подвижной плите 8 шариковых направляющих 9, смонтированных на массивном основании установки. Система прижатия накатного к обрабатываемой поверхности диска состоит из сменных аттестованных грузов 10, посредством трособлочной системы 11 связанных с подвижной плитой, на которой закреплена акустическая головка. На плите вы-

полнены пазы, благодаря которым угловой кронштейн вместе с акустической головкой может устанавливаться на ней таким образом, чтобы направление сообщаемых ролику ультразвуковых колебаний относительно вертикальной оси изменялось от 0 до  $90^{\circ}$ .

В качестве шаржируемых образцов использовались диски диаметром 88 мм и толщиной 5 мм, изготовленные из латуни марки Л62, стали Ст3 и сплава Д16Т. Выбор этих металлов обусловлен тем, что они значительно отличаются по своим физико-механическим свойствам, что позволит установить связь между значениями отдельных свойств с характеристиками получаемого на их поверхностях алмазосодержащего покрытия. Предварительно на боковую поверхность дисков наклеивалась светоотражательная метка, которая использовалась при измерении частоты

его вращения с помощью цифрового тахометра (Testo 465), а также служила постоянной угловой координатой при измерении величины линейного износа истираемого о шаржированную поверхность корундового образца.

Эксперименты по шаржированию выполнялись в следующей последовательности. Обрабатываемый диск с помощью фланцев и гайки закреплялся на валу электродвигателя. Затем на его цилиндрическую поверхность дозировано в виде капель равномерно по окружности (четыре штуки) наносилась алмазная суспензия, состоящая из одной весовой части алмазного микропорошка АСН20/14 и двух весовых частей касторового масла. После этого с помощью кисточки эти капли растирались, и на поверхности формировался равномерный слой алмазной суспензии.

После выполнения этих работ проводилось шаржирование поверхности диска накатным роликом. В одной серии экспериментов эта операция выполнялась в обычных условиях, а в другой – при сообщении ролику ультразвуковых колебаний частотой 22 кГц при различном направлении их введения. На основании результатов предшествующих экспериментальных исследований были определены режимы шаржирования, обеспечивающие наибольшее значение абразивной способности и износостойкости полученного на поверхно-

сти диска алмазосодержащего покрытия для случая, когда ось акустической колебательной системы расположена перпендикулярно обрабатываемой поверхности диска. Так, шаржирование в обычных условиях выполнялось при частоте вращения диска  $N_d = 100 \text{ мин}^{-1}$ , статическом усилии прижатия ролика  $P_{cm} = 10 \text{ Н}$  и продолжительности обработки  $t = 1 \text{ мин}$ . При шаржировании с ультразвуком –  $N_d = 100 \text{ мин}^{-1}$ ,  $P_{cm} = 5 \text{ Н}$ , амплитуда ультразвуковых колебаний  $A_0 = 6 \text{ мкм}$  и  $t = 1 \text{ мин}$ .

По завершении операции шаржирования с помощью мягкой ветоши с поверхности диска удалялись остатки алмазной суспензии, после чего проводились испытания по определению абразивной (режущей) способности и стойкости полученного на ней алмазосодержащего покрытия. Значение первого показателя оценивалось по величине линейного износа корундового образца, истираемого о шаржированную поверхность диска за определенное время при неизменной частоте его вращения ( $100 \text{ мин}^{-1}$ ) и постоянном усилии прижатия образца к испытываемой поверхности, которое соответствовало измерительному усилию, создаваемому пружиной многооборотного индикатора.

Для этого установка оснащалась следующими приспособлениями и средствами измерения (рис. 2).

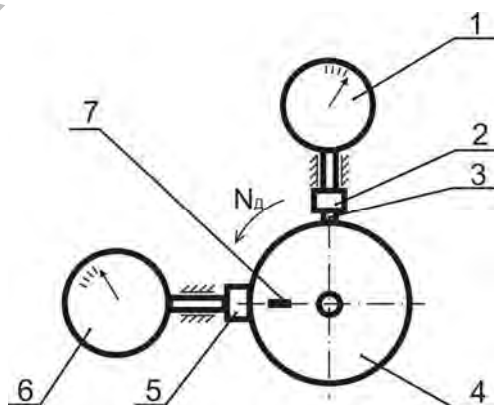


Рис. 2. Схема измерения величины линейного износа корундового образца

На стойке в вертикальном положении закреплялась измерительная головка 1 (МИГ-1) с ценой деления 0,001 мм. На нижнем конце штока головки вместо измерительного наконечника закреплялась державка 2 с корундовым образцом 3.

Следует подчеркнуть, что в процессе истирания происходит износ как корундового образца, так и поверхности диска, в результате чего показания измерительной головки представляют собой сумму величин износа этих элементов трущейся пары. Для того чтобы определить величину именно линейного износа корундового образца, характеризующую режущую способность сформированного алмазосодержащего покрытия, использовали дополнительную измерительную головку 6. С помощью магнитной стойки она закреплялась в горизонтальном положении, и ее плоский измерительный наконечник 5 контактировал с поверхностью диска 4 при отсутствии его вращения (во время истирания измерительный наконечник отводился). Чтобы исключить влияние радиального биения диска на результат

измерений, во всех случаях они выполнялись напротив метки 7, нанесенной на его боковой поверхности. Величина линейного износа корундового образца определялась как разность показаний измерительной головки, на которой он установлен, и головки, фиксирующей износ поверхности диска. За окончательное значение этого параметра принималось среднее арифметическое результатов пяти экспериментов, полученных при неизменных условиях шаржирования. Период стойкости алмазосодержащего покрытия оценивался продолжительностью истирания, при которой величина линейного износа корундового образца составляла 10 % от ее значения, соответствующего начальной стадии процесса.

На рис. 3 представлены примененные в исследованиях схемы шаржирования поверхности диска накатным роликом при сообщении ему ультразвуковых колебаний в трех направлениях относительно вектора окружной скорости контактной точки диска  $\overline{V}_D$ .

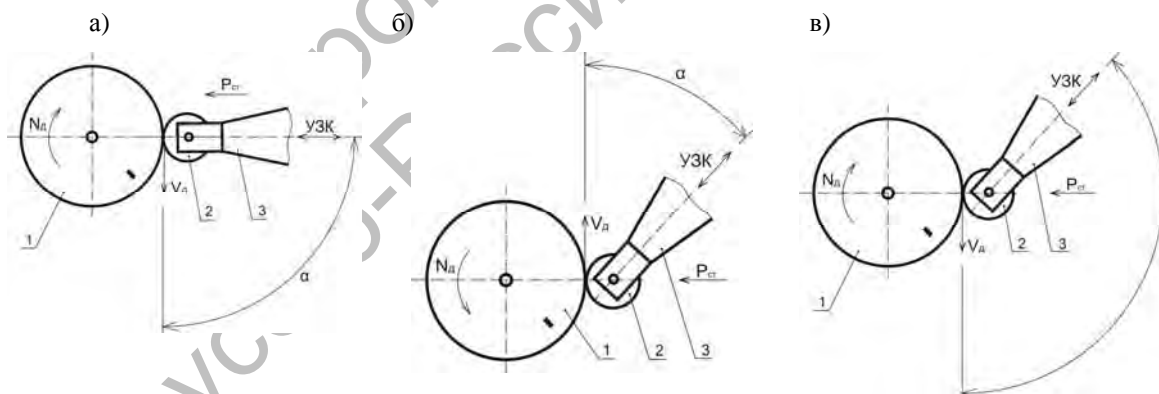


Рис. 3. Примененные в исследованиях схемы шаржирования поверхности диска накатным роликом при сообщении ему ультразвуковых колебаний в различных направлениях относительно вектора окружной скорости контактной точки диска  $\overline{V}_D$ : а – перпендикулярно вектору  $\overline{V}_D$ ; б – под углом  $\alpha = 45^\circ$  к вектору  $\overline{V}_D$ ; в – под углом  $\alpha = 135^\circ$  к вектору  $\overline{V}_D$ ; 1 – обрабатываемый диск; 2 – накатный ролик; 3 – концентратор ультразвукового преобразователя

В дальнейшем с целью упрощения указания направления сообщаемых накатному ролику ультразвуковых коле-

баний будем ссылаться на соответствующую схему шаржирования. При этом отметим, что для схемы «б»

( $\alpha = 45^0$ ) имеет место встречное, а для схемы «в» ( $\alpha = 135^0$ ) попутное шаржирование. В первом случае проекция на вертикальную ось составляющей колебательной скорости ролика за время его контакта с поверхностью диска имеет направление, противоположное  $\overline{V}_d$ , а во втором – они действуют в одном направлении. В ходе выполнения экспериментов реализация встречного или попутного шаржирования обеспечивалась за счет изменения направления вращения диска, т. е. изменения направления вектора  $\overline{V}_d$ .

Для количественной оценки степени влияния ультразвуковых колебаний на повышение эксплуатационных показателей получаемого в результате шаржирования поверхности диска алмазосодержащего покрытия использовали коэффициенты эффективности их воздействия на повышение его абразивной способности  $\eta_n$  и износостойкости  $\eta_T$ , численные значения которых определялись по формулам:

$$\eta_n = \left( 1 - \frac{H}{H_{ак}} \right) \cdot 100 \% ;$$

$$\eta_T = \left( 1 - \frac{T}{T_{ак}} \right) \cdot 100 \% ,$$

где  $H$  и  $T$  – величины линейного износа корундового образца и периода стойкости алмазосодержащего покрытия, полученные при истирании о поверхность диска, шаржированную в обычных условиях, соответственно;  $H_{ак}$  и  $T_{ак}$  – значения тех же параметров, полученные при истирании образца о поверхность диска, шаржированную с применением ультразвуковых колебаний.

### Результаты исследований

На рис. 4 представлены экспериментально полученные зависимости интегрального износа корундового образца от продолжительности его истирания о поверхность диска, шаржированную в обычных условиях и с ультразвуком по схеме «а» ( $\alpha = 90^0$ ).

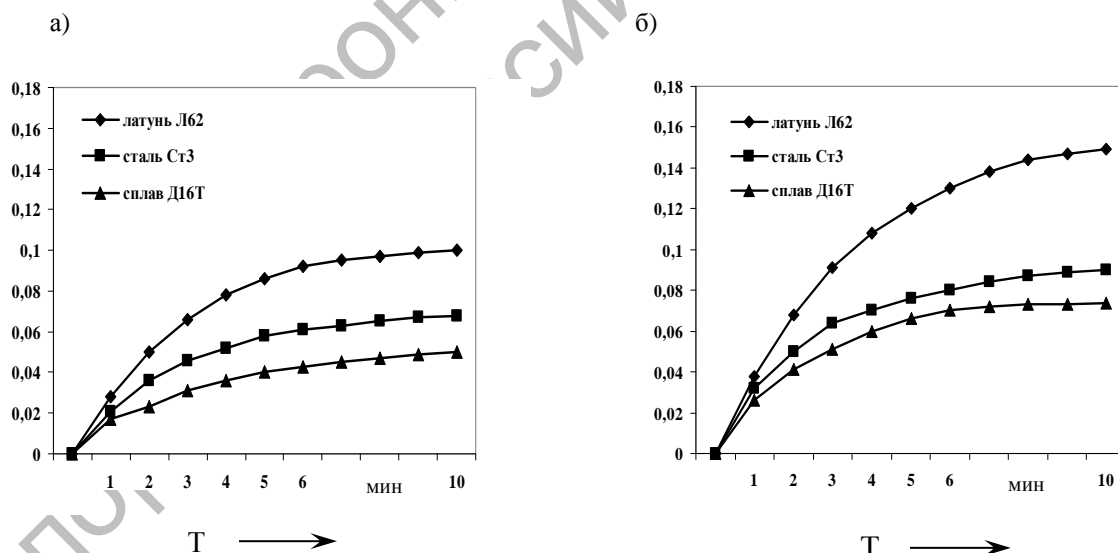


Рис. 4. Зависимость интегрального линейного износа корундового образца от продолжительности его истирания о поверхность диска, шаржированную в обычных условиях (а) и с ультразвуком по схеме «а» (б)

Видно, что во всех случаях зависимость  $H(t)$  имеет два характерных участка: начальный, практически линейный участок, на котором наблюдается наибольший износ образца, и следующий за ним участок, на котором имеет место резкое снижение интенсивности его изнашивания. Такой вид зависимости  $H(t)$  объясняется снижением во времени абразивной способности алмазосодержащего покрытия, обусловленного как изнашиванием и разрушением алмазных частиц в покрытии, так и их отрывом из металлической связки.

Установлено, что наибольшей абразивной способностью обладает алмазосодержащее покрытие, полученное на поверхности латунного образца, меньшей – на поверхности стального образца, а наименьшей – на поверхности образца из сплава Д16Т. Причем эта закономерность сохраняется при шаржиро-

вании поверхностей образцов как в обычных условиях (рис. 4, а), так и при сообщении накатному ролику ультразвуковых колебаний (рис. 4, б). Из сопоставления численных значений  $H$  видно, что шаржирование с применением ультразвука позволяет существенно повысить абразивную способность алмазосодержащего покрытия по сравнению с ее значением этого показателя у покрытия, сформированного в обычных условиях обработки.

Влияние направления сообщаемых ролику ультразвуковых колебаний на величину интегрального линейного износа корундового образца от продолжительности его истирания о поверхность латунного диска, шаржированную в обычных условиях и с ультразвуком при трех вариантах введения колебаний (см. рис. 3), отражают данные, приведенные на рис. 5.

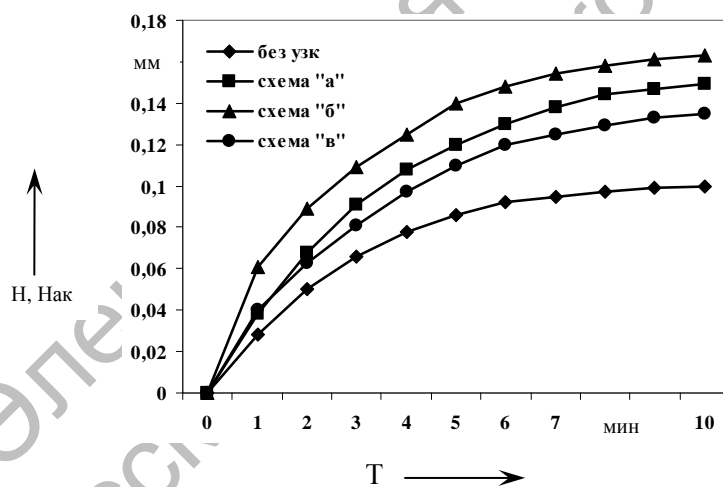


Рис. 5. Зависимость интегрального линейного износа корундового образца от продолжительности его истирания о поверхность латунного диска, шаржированную в обычных условиях и с ультразвуком при трех схемах сообщения накатному ролику колебаний

Из анализа представленных зависимостей следует, что наибольшее повышение абразивной способности алмазосодержащего покрытия по сравнению с покрытием, полученным в обычных условиях шаржирования, обеспечивается при сообщении накатному ролику ультразву-

ковых колебаний по схеме «б», т. е. при встречном шаржировании  $\alpha = 45^\circ$ . Меньшее влияние на повышение этого показателя оказывает ультразвук при сообщении накатному ролику колебаний по схеме «а», т. е. при  $\alpha = 90^\circ$ , когда они направлены перпендикулярно шар-

жируемой поверхности образца. При шаржировании с ультразвуком при введении колебаний по схеме «в» (попутное взаимодействие  $\alpha = 135^\circ$ ) их влияние на повышение абразивной способности полученного алмазосодержащего покрытия оказывается минимальным. Как показали результаты экспериментов, аналогичным образом проявляется влияние исследованных схем шаржирования с ультразвуком на повышение абразивной способности алмазосодержащего покрытия, полученного на поверхностях стального образца и образца из сплава Д16Т.

Более полную количественную оценку влияния ультразвука на повышение эксплуатационных показателей полученного на металлических поверх-

ностях алмазосодержащего покрытия дают данные, представленные на рис. 6.

Результатами экспериментальных исследований установлено, что сообщение в процессе шаржирования накатному ролику ультразвуковых колебаний позволяет в сравнении с обработкой в обычных условиях повысить не только абразивную способность полученного на металлических поверхностях алмазосодержащего покрытия, но и его износостойкость. Степень влияния исследованных вариантов сообщения ролику ультразвуковых колебаний на повышение этого показателя алмазосодержащего покрытия, полученного на поверхности образцов, отражают данные, представленные на рис. 6, а.

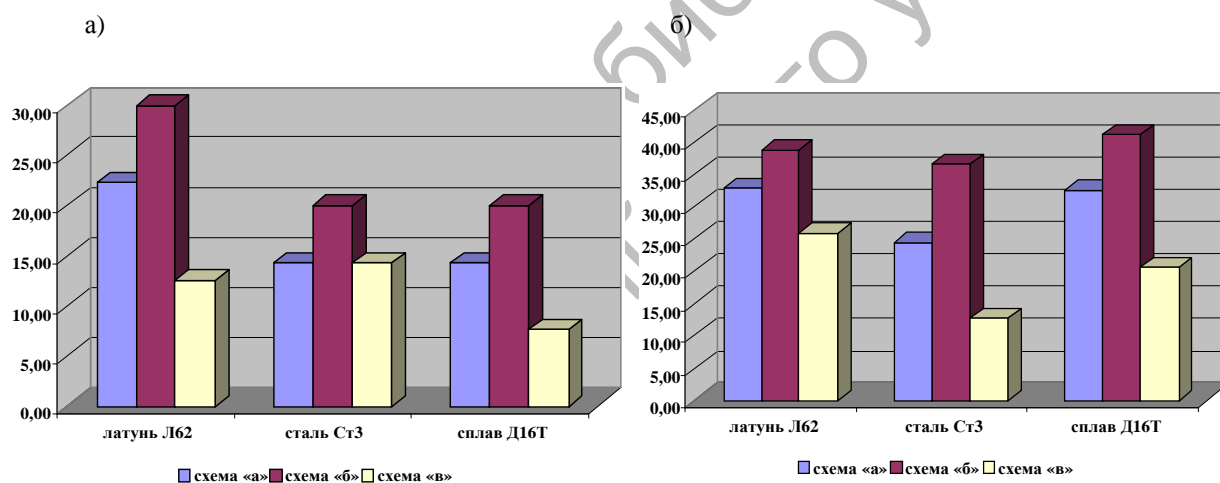


Рис. 6. Диаграмма зависимости эффективности воздействия ультразвука на повышение периода стойкости (а) и абразивной способности (б) алмазосодержащего покрытия на различных металлических поверхностях от схемы сообщения накатному ролику колебаний

Анализ показывает, что для всех исследованных металлов наибольшее повышение периода стойкости полученного на их поверхностях алмазосодержащего покрытия имеет место при сообщении ролику в процессе их шаржирования ультразвуковых колебаний по схеме «б», т. е. при встречном шаржировании с  $\alpha = 45^\circ$ . Меньшему значению  $\eta_T$  соответствуют условия шаржи-

рования по схеме «а», а при реализации схемы «в» (попутное шаржирование с  $\alpha = 135^\circ$ ) наблюдается минимальное повышение периода стойкости алмазосодержащего покрытия в сравнении с периодом стойкости покрытия, полученного в обычных условиях обработки.

Как следует из данных, приведенных на рис. 6, б, таким же образом влияют примененные схемы шаржирования

металлических поверхностей с ультразвуком на повышение абразивной способности полученного на них алмазосодержащего покрытия за период его стойкости. То есть наибольшему значению  $\eta_H$  соответствует схема «б», меньшему – схема «а» и наименьшему – схема «в».

Если сопоставить значения  $\eta_H$  и  $\eta_T$ , соответствующие степени влияния ультразвука на характеристику получаемого на поверхностях различных металлов алмазосодержащего покрытия, то можно отметить ряд обстоятельств, указывающих на наличие связи между ними и физико-механическими свойствами этих металлов. Так, при шаржировании с ультразвуком по схеме «б» наибольшее повышение абразивной способности наблюдается у алмазосодержащего покрытия, полученного на образце из сплава Д16Т ( $\eta_H = 41\%$ ), меньшее – на образце из латуни Л62 ( $\eta_H = 39\%$ ) и наименьшее – на образце из стали Ст3 ( $\eta_H = 37\%$ ). Вместе с тем, наибольшее повышение периода стойкости имеет алмазосодержащее покрытие, полученное на латунном образце ( $\eta_T = 30\%$ ), а на стальном образце и образце из сплава Д16Т значение коэффициента  $\eta_T$  оказалось значительно ниже и составило 21 и 20 % соответственно.

Как известно [6, 7], абразивная способность алмазосодержащего покрытия определяется размером и количеством (концентрацией) алмазных частиц, внедрившихся в материал поверхностного слоя, и прочностью их закрепления в нем. Эти показатели алмазосодержащего покрытия напрямую связаны с физико-механическими свойствами материала шаржируемой поверхности, в частности с его твердостью, прочностью, упругостью и пластичностью. Чем ниже твердость и выше пластичность металла, тем большее количество алмазных зерен с сохранением их целостности способно внедриться в его поверхность в процессе шаржирования. Однако степень их закрепления в таком покрытии оказывается недостаточно

высокой, что связано с низкими прочностными характеристиками как самого металла связки, так и низкой прочностью удержания в нем внедрившихся алмазных частиц. Последнее объясняется низким уровнем действующих со стороны металлической связки на внедрившуюся алмазную частицу сил упругости, способствующих ее удержанию в ней. Следовательно, для получения алмазосодержащего покрытия с высоким значением абразивной способности и износостойкости металл шаржируемой поверхности должен иметь определенное соотношение параметров его механических свойств, при котором, с одной стороны, его твердость и предел текучести обеспечивают наиболее благоприятные условия для внедрения в него алмазных частиц, а с другой – его предел упругости и прочности обеспечивают высокую степень их закрепления в поверхностном слое металла.

На основе анализа полученных экспериментальных данных установлено, что из числа исследованных металлов наибольшими значениями абразивной способности и износостойкости обладает алмазосодержащее покрытие, полученное на поверхности латунного образца, меньшими – покрытие сформированное на поверхности стального образца, а наименьшими – покрытие, полученное на образце из сплава Д16Т. При этом данная закономерность сохраняется как при шаржировании поверхностей в обычных условиях, так и с применением ультразвука независимо от направления сообщаемых ролику колебаний. Исходя из этого, можно сделать вывод, что исследованные схемы сообщения накатному ролику ультразвуковых колебаний не вызывают по сравнению с шаржированием в обычных условиях принципиальных изменений в закономерности влияния механических свойств металла обрабатываемой поверхности на уровень эксплуатационных показателей получаемого на ней алмазосодержащего покрытия. Вместе с



тем, при шаржировании с ультразвуком благодаря высокочастотному ударно-фрикционному взаимодействию накатного ролика с обрабатываемой поверхностью существенно интенсифицируется в сравнении с шаржированием в обычных условиях процесс внедрения в нее алмазных частиц с проникновением их в металл поверхностного слоя на большую глубину, чем достигается высокая прочность их закрепления в нем. В результате получаемое на металлической поверхности алмазосодержащее покрытие обладает более высокими значениями абразивной способности и износостойкости по сравнению с этими же показателями у покрытия, сформированного в обычных условиях шаржирования. При этом экспериментально установлено, что наибольшее влияние на повышение как абразивной способности, так и износостойкости получаемого алмазосодержащего покрытия ультразвук оказывает при сообщении колебаний накатному ролику под углом  $45^{\circ}$  и реализации условий его встречного взаимодействия с шаржируемой поверхностью.

На основе сопоставления значений абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия, получаемого на образцах из различных металлов, с механическими свойствами предложено ввести так называемый критерий шаржируемости металла  $k_{ш}$ , который характеризует способность его поверхности к формированию на ней алмазосодержащего покрытия с тем или иным уровнем его эксплуатационных показателей. Значение  $k_{ш}$  определяется отношением

$$k_{ш} = \frac{\tau_B}{\sigma_T},$$

где  $\tau_B$  – теоретическая величина допускаемого напряжения на срез, МПа;  $\sigma_T$  – предел текучести при сжатии, МПа.

Рассчитанные значения  $k_{ш}$  для исследованных металлов соответственно

составили для латуни Л62 – 1,94; стали Ст3 – 1,09; сплава Д16Т – 1,11. Следует подчеркнуть, что эти значения  $k_{ш}$  полностью коррелируют со значениями абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия на соответствующих металлах.

### Выводы

1. Создана установка, позволяющая осуществлять шаржирование поверхности образцов накатным роликом как в обычных условиях, так и при сообщении ему ультразвуковых колебаний. Разработана методика проведения экспериментальных исследований, позволяющая производить количественную оценку абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия, получаемого на поверхности металлических образцов в результате ее шаржирования при различных условиях выполнения операции, в частности, по традиционной технологии, а также при сообщении накатному ролику ультразвуковых колебаний по трем относительно обрабатываемой поверхности направлениям: перпендикулярно ей (схема «а»,  $\alpha = 90^{\circ}$ ), под углом  $\alpha = 45^{\circ}$  и встречном взаимодействии ролика с шаржируемой поверхностью (схема «б»), под углом  $\alpha = 135^{\circ}$  и попутном их взаимодействии (схема «в»). Под встречным взаимодействием понимается вариант, при котором тангенциальная составляющая колебательной скорости ролика за время его контакта с шаржируемой поверхностью имеет направление, противоположное вектору окружной скорости образца; если эти скорости совпадают по направлению, то имеет место их попутное взаимодействие.

2. На основе анализа результатов экспериментальных исследований установлено, что применение в процессе шаржирования ультразвука путем сообщения колебаний накатному ролику позволяет повысить как абразивную

способность, так и износостойкость получаемого на поверхности образцов алмазосодержащего покрытия в сравнении с аналогичными показателями покрытия, сформированного по традиционной технологии. При этом наибольшее повышение показателей алмазосодержащего покрытия обеспечивается при шаржировании поверхности образцов с ультразвуком по схеме «б» (встречное взаимодействие ролика с обрабатываемой поверхностью и при  $\alpha = 45^\circ$ ); меньшее влияние на повышение указанных показателей оказывает ультразвук при сообщении ролику колебаний, направленных перпендикулярно шаржируемой поверхности (схема «а»), а при шаржировании по схеме «в» (попутное взаимодействие при  $\alpha = 135^\circ$ ) влияние ультразвука на повышение абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия оказывается наименьшим.

3. Установлено, что как при шаржировании в обычных условиях, так и с применением ультразвука из числа исследованных металлов (латунь марки Л62, сталь Ст3 и сплав Д16Т) наибольшими значениями абразивной способности и износостойкости обладает алмазосодержащее покрытие, полученное на поверхности латунного образца, меньшими – сформированное на поверхности стального образца, а наименьшими – полученное на поверхности образца из сплава Д16Т.

4. Показано, что для получения алмазосодержащего покрытия с высокими значениями абразивной способности и износостойкости металл шаржируемой поверхности должен иметь определенное соотношение механических свойств, при котором, с одной стороны, его твердость и пластические свойства обеспечивают наиболее благоприятные условия для внедрения в него алмазных частиц, а с другой – его упругие и прочностные характеристики обеспечивают высокую

степень их закрепления в металле поверхностного слоя.

5. На основе сопоставления численных значений абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия, полученного на образцах их различных металлов, с их механическими свойствами предложено ввести так называемый критерий шаржируемости металла  $k_{ш}$ , который характеризует способность его поверхности к формированию на ней методом шаржирования алмазосодержащего покрытия с тем или иным уровнем его эксплуатационных показателей. Значение предложенного коэффициента (критерия) шаржируемости металла определяется отношением

$$k_{ш} = \frac{\tau_B}{\sigma_T}$$

Рассчитанные значения  $k_{ш}$  для исследованных металлов соответственно составили для латуни Л62 – 1,94; стали Ст3 – 1,09; сплава Д16Т – 1,11. Следует подчеркнуть, что эти значения  $k_{ш}$  полностью коррелируют со значениями абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия на соответствующих металлах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Епифанов, В. И.** Технология обработки алмазов в бриллианты / В. И. Епифанов, А. Я. Лесина, Л. В. Зыков ; под ред. В. И. Епифанова. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
2. **Киселев, М. Г.** Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, В. А. Ибрагимов ; под ред. М. Г. Киселева. – Минск : Тесей, 2001. – 344 с.
3. Влияние ультразвукового воздействия на условия контактного взаимодействия накатного ролика с обрабатываемой поверхностью / М. Г. Киселев [и др.] // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 63–71.
4. Экспериментальные исследования влияния ультразвуковых колебаний, сообщаемых накатному ролику, на процесс вдавливания абразивного зерна в металлическую поверхность / М. Г. Киселев [и др.] // Вестн. Гомельского гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2010. – № 3. – С. 9–17.

5. **Киселев, М. Г.** Исследование влияния ультразвуковых колебаний, сообщаемых накатному ролику в процессе качения, на величину его проскальзывания / М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, В. Л. Габец // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2010. – № 3, Т. 15. – С. 75–80.

6. Исследование процесса шаржирования абразива при доводке / П. Н. Орлов [и др.] ; под

общ. ред. П. Н. Орлова. – М. : Технология производства, научная организация труда и управления. – 1975. – 234 с.

7. **Бура, С. Т.** Использование шаржированных поверхностей обработанных алмазными пастами : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / С. Т. Бура ; Брянский ин-т транспортного машиностроения. – Брянск, 1976. – 20 с.

Белорусский национальный технический университет  
Материал поступил 27.04.2011

**M. G. Kiselev, A. V. Drozdov,  
V. L. Habets**

**The influence of the direction of ultrasonic oscillation imparted to a knurling tool during charging different materials surfaces upon the abrasive ability and durability of the diamond-bearing covering produced on them**

In this article the authors present the results of the experiments that reflect the influence of the direction of ultrasonic oscillation imparted to a knurling tool during charging process upon the performance of diamond-bearing covering produced on the disk surface. The authors show that using ultrasonic oscillation during the charging process allows increasing both the abrasive ability and durability of diamond-bearing covering. Maximum performance of the covering is provided by the application of ultrasound oscillation at the angle of 45 degrees to the vector of rotational velocity of a disk contact point, and the counter charging method. The authors offer to introduce «the charging criterion» of the material depending on its stress-strain properties.