

ZnO способствует повышению температуры начала размягчения.

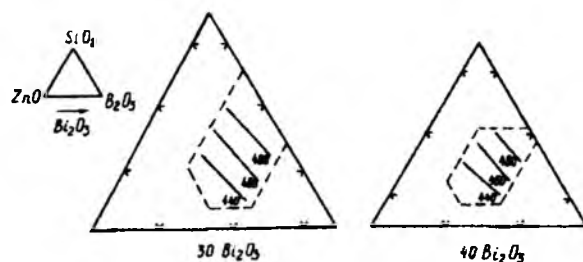


Рисунок 3 – Температура начала размягчения стекол системы

В результате проведенного экспериментального исследования стекол системы  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  и  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-BaO}$  разработаны оптимальные стекла, которые по комплексу физико-химических свойств отвечают требованиям, предъявляемым к легкоплавким стеклам для припоев, предназначенных для спа-

ивания стеклянных элементов приборов с металлическими выводами из сплава 47 НД.

В условиях лаборатории был изготовлен стеклогранулят из оптимальных легкоплавких стекол, из которых путем помола до тонкодисперсного состояния получен порошкообразный припой и апробирован в производственных условиях.

Результаты испытаний показали возможность применения разработанных оптимальных легкоплавких стекол в качестве припоя, т.к. характеристики приборов с разработанными составами припоев соответствуют рабочим параметрам стеклянных приборов в заданных пределах. Легкоплавкие стекла позволяют осуществлять спаи при более низких температурах. Низкая температура спаивания предотвращает окисление и деформацию деталей. Спаи с помощью легкоплавких стекол однородны и при соответствующем подборе температурных коэффициентов линейного расширения свободны от напряжений.

УДК 621.937

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОВОДОЧНЫХ ДИСКОВ, ШАРЖИРОВАННЫХ НАКАТНЫМ РОЛИКОМ С УЛЬТРАЗВУКОМ

Киселев М.Г., Дроздов А.В., Габец В.Л., Ланкевич А.И., Криничев В.С.

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

Как отмечалось в [1], для осуществления операции шаржирования накатным роликом с ультразвуком рабочих поверхностей доводочных дисков, применяемых в качестве инструментов при обработке различных изделий из стекла, керамики, поделочных и драгоценных камней, был создан экспериментальный технологический комплекс. В состав комплекса входит настольный доводочный станок модели СУН 3435, ультразвуковая укаточная головка и генератор ультразвуковых колебаний.

Была также разработана технология формирования алмазосодержащего покрытия на доводочных дисках накатным роликом с ультразвуком.

Для подтверждения эффективности применения ультразвука в разработанном технологическом процессе шаржирования были проведены испытания по определению абразивной способности и износостойкости алмазосодержащих покрытий, полученных с ультразвуком и без ультразвука и качество обработанных на них поверхностей.

Объектом испытания служили доводочные диски, изготовленные из латуни Л62 и чугуна СЧ18 с наружным диаметром 150 мм и

толщиной 18 мм с посадочным отверстием Ø32Н7. Их торцовые (рабочие) поверхности после шлифования и притирки имели шероховатость  $Ra = 0,32 - 0,63$  мкм. На каждом диске шаржированию подвергались обе эти поверхности, одна из которых шаржировалась в обычных условиях, а вторая с применением ультразвука в соответствии с разработанной операционной технологией.

Соответственно, в первом случае операция выполнялась при статическом усилии прижатия ролика  $P_{ст} = 5$  Н, постоянной окружной скорости диска в зоне обработки  $v_0 = 27,5$  м/мин, радиальной подаче акустической головки  $S_p = 60$  мм/мин при ее возвратно-поступательном движении с длиной хода 15 мм за четыре прохода. При шаржировании с ультразвуком колебания амплитудой 6 мкм сообщались ролику под углом  $45^\circ$  относительно вертикальной оси в условиях его встречного взаимодействия с поверхностью диска при статическом усилии прижатия к ней ролика равном  $P_{ст} = 3$  Н. Все остальные параметры режима шаржирования оставались такими же, как при осуществлении операции в обычных условиях. В результате ее выполнения на поверхности доводочного диска формировалась

концентрическая дорожка с алмазосодержащим покрытием шириной 15 мм (рисунок 1). Использовалась алмазная суспензия, состоящая из одной весовой части алмазного микропорошка АСН20/14 и трех весовых частей касторового масла.



Рисунок 1 – Фотография доводочного диска с алмазосодержащим покрытием

В таблице 1 приведены экспериментально полученные значения линейного (за период стойкости покрытия) износа корундового образца и износостойкости алмазосодержащего покрытия, сформированного на поверхности до-

водочного диска из различных металлов, путем ее шаржирования в обычных условиях и с применением ультразвука, а также значения коэффициентов эффективности его влияния на повышение этих показателей.

Из анализа этих данных следует, что шаржирование рабочих поверхностей доводочных дисков по разработанной технологии с применением ультразвука обеспечивает формирование на них алмазосодержащего покрытия, которое по абразивной способности и износостойкости существенно превосходит аналогичные показатели покрытия, полученного в обычных условиях шаржирования. При этом наибольшее влияние на повышение этих показателей ультразвук оказывает при шаржировании рабочей поверхности чугунного доводочного диска ( $\eta_H = 29\%$ ;  $\eta_T = 36\%$ ) и меньшее – при шаржировании латунного диска ( $\eta_H = 21\%$ ;  $\eta_T = 25\%$ ). По сравнению с шаржированием в обычных условиях значения абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия, полученного по разработанной технологии, соответственно, возросли для чугунного диска в 1,4 и 1,6 раза, а для латунного – в 1,3 соответственно.

Таблица 1 – Значения линейного износа корундового образца и износостойкости алмазосодержащего покрытия

Материал доводочного диска	Шаржирование в обычных условиях		Шаржирование с ультразвуком		Эффективность применения ультразвука			
	Линейный износ корундового образца за период стойкости покрытия $H$ , мм	Износостойкость алмазосодержащего покрытия, выраженная через путь истирания, $T_L$ , м	Линейный износ корундового образца за период стойкости покрытия $H_{ак}$ , мм	Износостойкость алмазосодержащего покрытия, выраженная через путь истирания, $T_{Lак}$ , м	$\eta_H$ , %	$\eta_T$ , %	$H_{ак}/H$	$T_{Lак}/T_L$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чугун СЧ18	0,139	2625	0,194	4125	29	36	1,4	1,6
Латунь Л62	0,128	2250	0,162	3000	21	25	1,3	1,3

Результаты сравнительных испытания показали, что применение вместо традиционной разработанной технологии шаржирования доводочных дисков накатным роликом с ультразвуком позволяет повысить качество поверхности обработанных на них заготовок [2].

На рисунке 2 представлены экспериментально полученные значения параметра  $Ra$  шероховатости поверхности исследуемых образцов, обработанных на чугунном

доводочном диске, шаржированном в обычном условии и с ультразвуком.

Измерение шероховатости обработанных поверхностей образцов осуществлялось с помощью системы измерительной Form Taysurf i120 фирмы «Taylor Hobson» в направлении, перпендикулярном направлению следов обработки на них.

Из приведенных данных видно, что во всех случаях, использование диска, рабочая по-

верхность которого шаржирована с ультразвуком, обеспечивает меньшее значение параметра  $Ra$  обработанной поверхности образца по сравнению с его значением после обработки на диске, шаржированном в обычных условиях. При этом с повышением твердости образца степень этого снижения возрастает. Так, для корундового образца значение параметра  $Ra$  снизилось в 1,5 раза, для гранатита в 1,45 раза, а для стекла М5 – практически не изменилось.

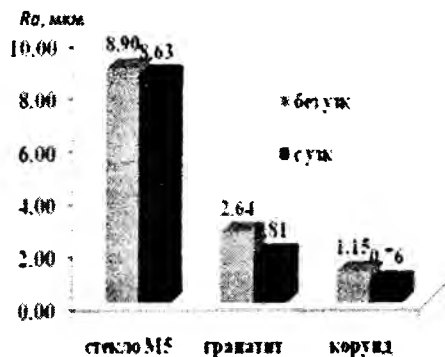
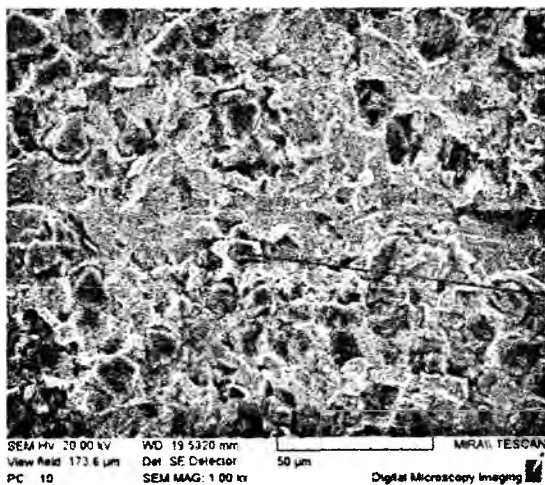


Рисунок 2 - Значение параметра  $Ra$  шероховатости поверхности исследуемых образцов

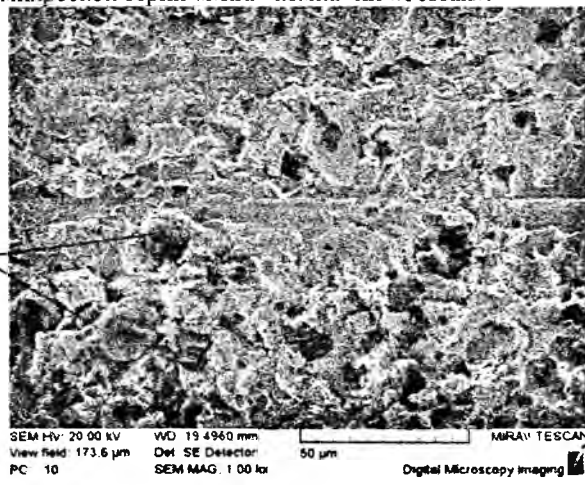
Увеличение абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия, полученного на рабочей поверхности доводочного диска в результате ее шаржирования накатным роликом с ультразвуком в сравнении с шаржированием в обычных условиях, а так же повышение качества обработанных поверхностей образцов связано со следующими особен-

ностями формирования такого покрытия при ультразвуковом воздействии.

Благодаря виброударному режиму качения ролика при его встречном взаимодействии с поверхностью доводочного диска, значительно облегчаются в сравнении с его традиционным качением условия попадания (втягивания) алмазных зерен в зону шаржирования [3], в результате чего их концентрация в этой зоне оказывается существенно выше, чем в обычных условиях шаржирования. Последующее внедрение алмазных зерен в материал поверхностного слоя доводочного диска протекает в режиме их виброударного нагружения, приводящего к более интенсивному, чем в обычных условиях шаржирования, их дроблению (разрушению) с одновременным увеличением глубины внедрения алмазных частиц в поверхность диска, а соответственно, и повышению прочности их закрепления в ней. В результате, полученное с применением ультразвука покрытие на поверхности чугунного диска (рисунок 3), отличается от сформированного в обычных условиях значительно большим содержанием в нем алмазных частиц (1100 – 1500 штук на  $1 \text{ мм}^2$  и 780 – 1050 штук на  $1 \text{ мм}^2$  соответственно), имеющих меньший размер (8 – 12 мкм и 10 – 18 мкм соответственно) и обладающих за счет большей глубины их внедрения в материал поверхностного слоя, повышенной прочностью закрепления в нем. В случае шаржирования с ультразвуком распределение частиц в поле зрения микроскопа имеет более равномерный характер. С целью визуального исследования состояния шаржированной поверхности использовался сканирующий электронный микроскоп серии «Miga» компании «Тескан».



а



б

а – поверхность, шаржированная с применением ультразвука (x1000);

б – в обычных условиях шаржирования (x1000)

1 – шаржированное зерно

Рисунок 3 – Фотографии шаржированной поверхности чугунного диска

Отмеченные особенности строения алмазосодержащего покрытия, сформированного на

поверхности доводочного диска с применением ультразвука, позволяет объяснить повышение ее

эксплуатационных показателей, по сравнению с поверхностью, шаржированной по традиционной технологии. Так, повышенная концентрация алмазных частиц в покрытии в сочетании с более высокой прочностью их закрепления в нем обуславливают повышение, как абразивной способности, так и износостойкости рабочей поверхности доводочного диска. Снижение шероховатости поверхности образцов, обработанных на доводочных дисках, шаржированных с ультразвуком, объясняется тем, что алмазные частицы в покрытии имеют меньший, чем при шаржировании в обычных условиях размер, вызывая тем самым меньшую глубину воздействия на материал обрабатываемой поверхности.

В таблице 2 приведены результаты отдельной серии экспериментов: полученные значения линейного (за период стойкости покрытия) износа корундового образца и износостойкости алмазосодержащего покрытия, сформированного на поверхности чугунного доводочного диска шаржированием накатным роликом по разработанной технологии с ультразвуком и с применением акустической системы (рисунок 4), применяемой при шаржировании распиловочных дисков, с принудительным вращением и деформирующим инструментом в виде срезанного шарика.

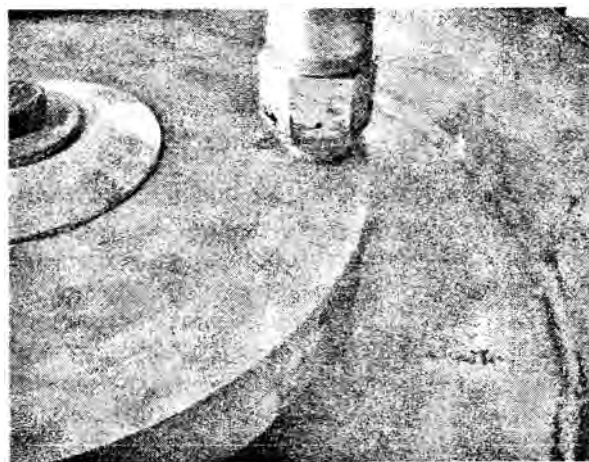
Таблица 2 – Сравнительные испытания износа корундового образца и износостойкости алмазосодержащего покрытия, сформированного на поверхности доводочного диска, при ее шаржировании с ультразвуком накатным роликом и шаржированием втиранием плоскостью с ультразвуком

Способ получения алмазосодержащего покрытия на поверхности чугунного диска с использованием УЗК	Линейный износ корундового образца $H_{ак}$ , мм	Износостойкость алмазосодержащего покрытия, выраженная через путь истирания, $T_{лак}$ , м
Диск, шаржированный накатным роликом, по разработанной технологии	0,220	5481
Диск, шаржированный втиранием плоскостью	0,176	4060



а

а - установка для шаржирования доводочных дисков с применением акустической системы с принудительным вращением



б

б - деформирующий инструмент в виде срезанного шарика

Рисунок 4 – Фотография установки для шаржирования доводочных дисков с применением акустической системы с принудительным вращением деформирующего инструмента в виде срезанного шарика

Результаты сравнительных испытания показали, что шаржирование рабочих поверхностей доводочных дисков по разработанной

технологии накатным роликом с ультразвуком обеспечивает формирование на них алмазосодержащего покрытия, которое по абразивной

способности и износостойкости превосходит в 1,25 и 1,35 раза аналогичные показатели у покрытия, полученного шаржированием плоскостью с применением ультразвука.

1. Разработка технологии и создание оборудования для шаржирования поверхностей доводочных дисков накатным роликом с ультразвуком / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, В.Л. Габец, А.И. Ланкевич // *Приборостроение-2012: материалы 5-й Международной научно-технической конференции*, Минск, 21 – 23 ноября 2012 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2012. – С. 293 – 295.
2. Киселев, М.Г. Повышение качества шаржирования

поверхности доводочных дисков накатным роликом с применением ультразвука / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, В.Л. Габец // *Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого*. – 2012. – № 1. – С. 3–13.

3. Киселев, М.Г. Теоретическая оценка влияния ультразвуковых колебаний, сообщаемых накатному ролику в процессе шаржирования поверхности, на условия попадания абразивного зерна в зону обработки / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, В.Л. Габец // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*. – 2011. – № 11. – С. 70–77.

УДК 621.922

### ПРИМЕНЕНИЕ ШТРИПС С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЛЯ РАСПИЛИВАНИЯ ЗУБНОЙ ТКАНИ

Киселев М.Г., Дроздов А.В., Богдан П.С., Криничев В.С.  
*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Часто при исследовании различных объектов или материалов требуется «заглянуть» внутрь них, чтобы изучить внутреннюю структуру исследуемого образца. Для этого производятся шлифы либо срезы по исследуемой области, полученная внутренняя поверхность исследуется методами оптической, электронной микроскопии и др.

Стоматологами при исследовании и разработке новых методов лечения зубов потребовалось получить глубину проникновения специального состава в зубную ткань. Поскольку этот состав не обнаруживался рентгенографическим и ультразвуковым исследованием, было решено получить спил внутренней структуры зуба, проходящий через область применения лекарства. Распилу было решено подвергать предварительно удаленный зуб (стоматологи они такие), поскольку это избавляло пациента от ряда неприятных ощущений, а также упрощало задачу по базированию и закреплению образца на специальной установке.

Распиливание проводилось на установке (рисунок 1), которая ранее применялась для определения режущей способности проволоочного инструмента [1]. Зуб корневой частью устанавливался в пластмассовой оправке и закреплялся с помощью зубного цемента. Оправка с закрепленным зубом устанавливалась на столе установки.

Для резки в качестве инструмента использовались штрипсы с предварительно модифицированной путем электроконтактной обработки поверхностью. Подробно процесс прида-

ния поверхности инструмента режущей способности путем электроконтактной обработки рассмотрен в [2] на примере поверхности проволоочного инструмента. Процессу электроконтактной обработки подвергалась торцевая рабочая поверхность, за счет чего осуществлялся собственно процесс резания, а также боковые поверхности штрипсы для предотвращения заклинивания ее в пропиле. Процесс проходил в отсутствие охлаждающих и смазочных жидкостей.

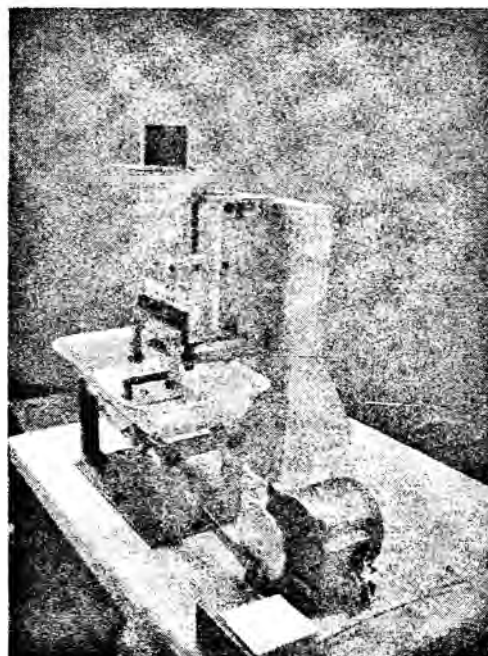


Рисунок 1 – Фотография применяемой установки