

В статье рассмотрен вопрос формирования микропрофиля на обработанной поверхности при шлифовании инструментом с упорядоченным размещением алмазных зерен. Рассмотрена эволюция микропрофиля обработанной поверхности в случае использования упорядоченных композитов без перекрытия и с перекрытием алмазосодержащих слоев. Показано, что наиболее характерным показателем обработки упорядоченными алмазами является распределение материала в шероховатом слое (опорная кривая), что именно и характеризует состояние режущей поверхности композита.

Ключевые слова: микропрофиль, упорядоченный, абразив.

In article the question of formation of a microprofile on the processed surface is considered at grinding by the tool with the ordered placing of diamond grains. Evolution of a microprofile of the processed surface in case of use of the ordered composites without overlapping and with overlapping of layers is considered. It is shown that the most typical indicator of processing by the ordered diamonds is material distribution in a rough layer (a basic curve) what exactly characterizes a condition of a cutting surface of a composite.

Key words: microprofile, ordered, abrasive.

Література

1. Study for cutting performance in arrayed diamond saw blade / S.P.Pyun, H.W.Lee, J.H.Park // 1st International Industrial Diamond Conference 20–21 October 2005 Barcelona Spain.
2. G. Weber and C. Weiss. DIAMIX – A family of bonds based on DIABASE-V21// Industrial diamond review. – 2005. – № 6. – P. 27–28
3. Лавриненко В. И., Пасичный О. О., Сытник Б.В., Девицкий А.А. Исследование особенностей спеченного композита с упорядоченной структурой // Процеси механічної обробки в машинобудуванні / Зб. наук. праць ЖДТУ. – Житомир: ЖДТУ, 2009. – Вип. 7. – С. 105–113.

Надійшла 05.07.11

УДК 621.921

С. А. Кухаренко, канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина

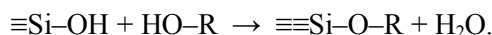
ПОВЫШЕНИЕ АДГЕЗИИ В СИСТЕМЕ СТЕКЛОПОКРЫТИЕ – ОРГАНИЧЕСКАЯ СВЯЗКА

Изучен метод повышения адгезионной активности стеклопокрытий. Показано, что этот метод повышает прочность закрепления агрегатов в инструментах на органических связках и стойкость кругов в 1,2 раза.

Ключевые слова: адгезия, стеклопокрытия, органическая связка.

Для получения эффективного инструмента из СТМ недостаточно, чтобы покрытие прочно соединялось с абразивными частицами. Необходимо, чтобы оно также прочно скреплялось со связкой. В противном случае при работе инструмента агрегаты будут вырываться из связки.

Порошки СТМ со стеклопокрытием применяют в основном для изготовления инструмента на органических и металлических связках [1, 2]. На поверхности стеклопокрытия, как и любого силикатного стекла, находятся гидроксильные группы, структурно связанные с тетраэдрами кремнеборокислородного каркаса. Прочность связи таких групп со стеклом довольно высокая. Эти особенности состояния поверхности стекла обуславливают то, что фенолформальдегидное связующее, являющееся основой органических связок, взаимодействует с гидроксильными группами стекла с образованием химических связей по реакции



В результате установления химических связей на межфазной границе обеспечивается высокая смачиваемость стекол фенолформальдегидными смолами. Например, краевой угол смачивания на-

трититаноборосиликатного стекла фенольным связующим СФП-012А равен 49 град [3]. Однако химические связи Si–O–R между стеклопокрытием и связкой могут наблюдаться при достаточно чистой поверхности стекла. Ввиду того, что на поверхности агрегатов несмотря на интенсивный отсев все же остается мелкодисперсный порошок гексагонального нитрида бора (α -BN), естественно, он препятствует полному смачиванию поверхности агрегатов расплавом смолы.

Рассмотрим разработанные методы повышения адгезионной активности стеклопокрытий, обеспечивающие повышение прочности закрепления агрегатов в инструментах на органических связках.

Результаты и их обсуждение

Отверждение полимерных связующих протекает по различным механизмам. Заслуживает внимания механизм свободно-радикальной полимеризации при термообработке [4]. Образованные свободные радикалы, взаимодействуя между собой, могут взаимодействовать также с зернами алмаза и гидроксильными группами, структурно связанными с поверхностью стекла. В качестве примера приведены некоторые реакции взаимодействия метилового и этилового радикалов с алмазом:



Результаты расчета изменения свободной энергии Гиббса показали, что реакция (1) взаимодействия метилового радикала с алмазом не протекает в присутствии воды, в то же время при участии в реакции анионов OH^- протекание реакций (2), (3) возможно в исследуемом интервале температур. Это взаимодействие будет наблюдаться при прочном контакте расплава полимера с поверхностью стеклянных агрегатов. В силу изложенных причин в системе стеклянный агрегат – полимерная связка такой контакт не всегда соблюдается.

Одним из путей улучшения свойств композита и повышения межфазного взаимодействия в системе органическая связка – стеклопокрытие является поверхностная химическая модификация наполнителя (порошки СТМ со стеклопокрытием). Разработан способ нанесения стеклополимерного покрытия на порошки СТМ, сущность которого состоит в следующем. На первом этапе технологический процесс не отличается от такового при изготовлении стеклоагрегатов: порошок СТМ смешивают с порошком стекла. В качестве объектов исследования использовали натрийтитаноборосиликатное стекло в системе $Na_2O-CaO-B_2O_3-TiO_2-SiO_2$ и шлифпорошок алмазов марки АС6 125/100. В полученную смесь добавляют временное связующее, а затем гранулируют эту смесь в скоростном грануляторе. Образовавшиеся гранулы, состоящие из 5–20 зерен алмаза, покрытых и взаимосвязанных адгезионно-активным стеклом, подвергают термообработке. Однако при этом агрегаты будут сплавляться друг с другом, образуя непрерывный абразивно-стеклянный спек. Для предотвращения спекания агрегаты покрывают веществом с температурой плавления, значительно превышающей температуру размягчения стекла. В качестве такого вещества использован гексагональный нитрид бора (α -BN), который не смачивается расплавом натрийтитаноборосиликатного стекла, следовательно, не взаимодействует с ними в интервале температур 650–850 °С [5].

На втором этапе спеченные агрегаты после отсева порошка α -BN обрабатывают растворенным в органическом растворителе полимерным соединением, по составу одинаковым с полимером органической связки инструмента.

В производстве шлифовального инструмента из СТМ наиболее широко применяется фенольное связующее СФП-012А, представляющее собой смесь новолачного фенолформальдегидного олигомера СФ-012 с отверждающимся агентом – гексаметилентетрамином (ГМТА). Олигомер СФ-012 имеет следующие характеристики: среднюю молекулярную массу – 600 ± 100 , плотность 1240 ± 30 кг/м³, содержание гидроксильных групп и несвязанного фенола соответственно $16,5 \pm 1,3$ и $5,0 \pm 2,0$ % [3].

Как видно из ИК-спектра поглощения фенольного связующего СФП-012А (рис. 1), полосы в областях $1370, 1330, 1240$ см⁻¹ обусловлены поглощениями фенольных групп $\bar{O}H$, образующих водородные связи димерного и полимерного типов. Остальные полосы следует отнести к колебаниям фенольных ядер различных типов замещения и на счет поглощения отвердителя.

Учитывая, что практически весь выпускаемый промышленностью инструмент на органической связке включает фенольное связующее СФП-012А, для обработки агрегатов был выбран раствор этого связующего. Раствор фенольного связующего, обладающий низкой вязкостью и хорошей смачивающей способностью по отношению к стеклопокрытию, под действием капиллярных сил заполняет все дефекты поверхности агрегатов. После удаления растворителя предварительной сушкой агрегатов на воздухе фенольное связующее остается на их поверхности и в микродефектах. Оконча-

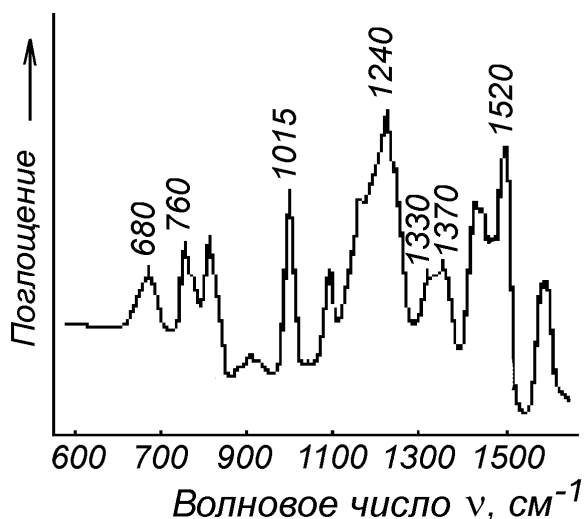


Рис. 1. ИК-спектр поглощения фенольного связующего СФП-012А

полирования образцы помещали в раствор связующего СФП-012А в ацетоне. Концентрация раствора изменялась в пределах 1–15 %. После выдержки в растворе в течение 30 мин образцы сушили на воздухе 1 ч. Сушка на воздухе обеспечивает медленное удаление растворителя, предотвращая, таким образом, образование дефектов полимерной пленки. Закрепление пленки фенольного связующего на поверхности образцов проводили термообработкой при температуре 90 °С в течение 30 мин. Затем образованную на поверхности образцов пленку смачивали фенольным связующим. Краевые углы смачивания определяли на воздухе после термообработки образцов при температуре 180 °С и выдержке 20 мин. Указанные температура и продолжительность выдержки соответствуют температурно-временному режиму изготовления инструмента из СТМ на органической связке. Одновременно с формированием капель на поверхности образцов происходит полимеризация пленки. Такая совместная полимеризация обуславливает прочное соединение капель с поверхностью образца.

Зависимости краевого угла смачивания и напряжения сдвига фенольного связующего показаны на рис. 2.

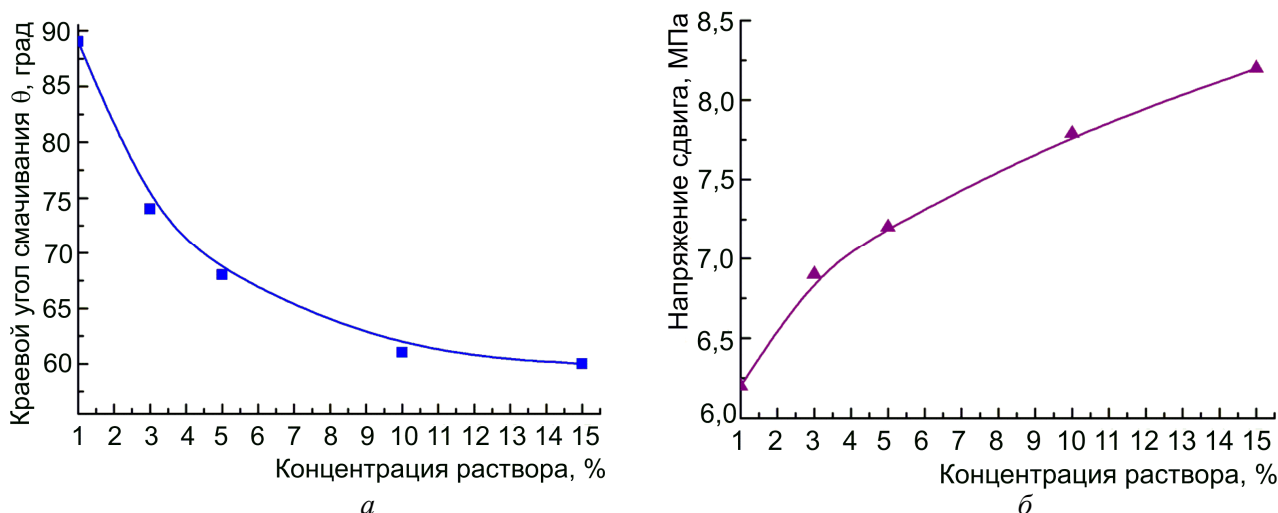


Рис. 2. Зависимости краевого угла смачивания (а) и напряжения сдвига (б) фенольного связующего СФП-012А от концентрации аппретирующего раствора

Как видно на рис. 2, а, 10%-ная концентрация аппретирующего раствора оптимальная, так как повышение концентрации фенольного связующего СФП-012А более чем на 10 % практически не влияет на краевой угол смачивания. Между изменением краевого угла и напряжением сдвига капель наблюдается корреляция – с уменьшением краевого угла смачивания увеличивается напряжение сдвига капель (рис. 2, б).

тельно растворитель удаляют термообработкой при температуре 90 °С, после чего агрегаты используют для изготовления инструмента на органической связке.

Режимы формирования полимерной пленки на поверхности стеклопокрытия устанавливали на основании:

- результатов исследования смачиваемости и прочности сцепления материала стеклопокрытия с фенольным связующим СФП-012А;
- определения разрушающей нагрузки для агрегатов в зависимости от концентрации аппретирующего раствора и продолжительности выдержки в нем.

Из материала стеклопокрытия для порошков алмазов (на основе натрийтитаноборосиликатного стекла) изготавливали образцы размером 50x10x5 мм. После шлифования и

Результаты изучения зависимости смачивания образцов из материала стеклопокрытия 10%-ным раствором фенольного связующего СФП-012А от продолжительности выдержки (рис. 3, а) показали, что наименьшее значение краевого угла смачивания получено при продолжительности выдержки 30 мин. Дальнейшее увеличение продолжительности выдержки не влияет на краевой угол смачивания, причем и в этом случае наблюдается корреляция между краевыми углами смачивания и напряжением сдвига отвердевших капель фенольного связующего СФП-012А (рис. 3, б).

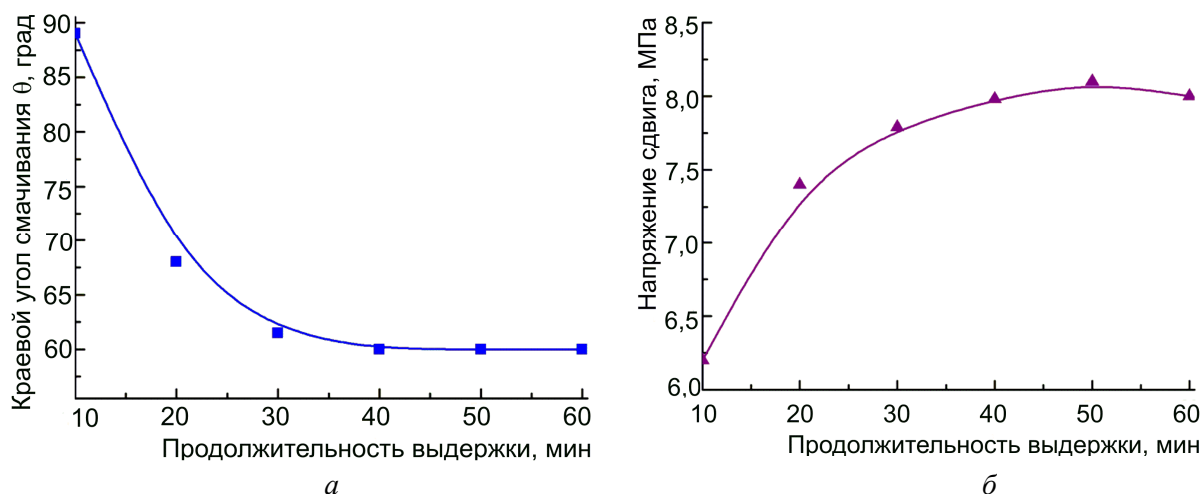


Рис. 3. Зависимости краевого угла смачивания (а) и напряжения сдвига капли (б) на поверхности образца, обработанного 10%-ным раствором фенольного связующего СФП-012А, от продолжительности выдержки

Таким образом, результаты исследования по смачиванию необработанной поверхности образцов, изготовленных из материала стеклопокрытия, свидетельствуют о том, что краевые углы смачивания и прочность сцепления капель на необработанной поверхности стеклопокрытия примерно на 20–30 % ниже, чем на обработанной.

Из изложенного следует, что для обработки агрегатов порошков алмаза со стеклопокрытием необходимо использовать 10%-ный раствор фенольного связующего СФП-012А в ацетоне (спирте), а продолжительность пропитки в нем должна быть не менее 30 мин.

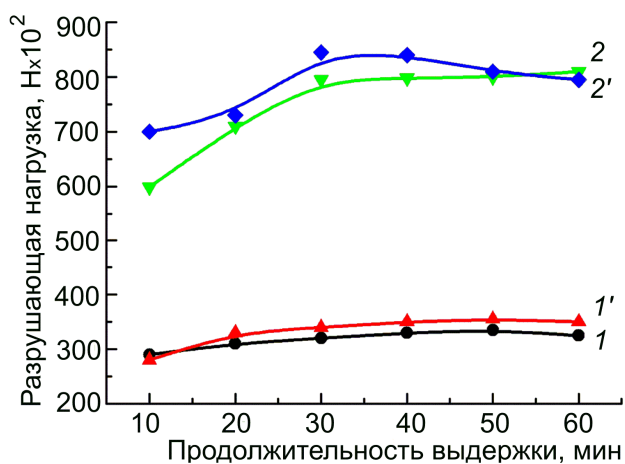


Рис. 4. Зависимость разрушающей нагрузки агрегатов из алмазов АС6 125/100 со стеклопокрытием, обработанных 10 (1, 2) и 20%-ным (1', 2') раствором фенольного связующего СФП-012А при температуре 90 (1, 1') и 180 °С (2, 2'), от продолжительности выдержки

Выбор 10%-ного раствора несмотря на более высокую прочность сцепления после обработки в 15 %-ном растворе обусловлен тем, что агрегаты, обработанные в растворе, содержащем более 10 % фенольного связующего СФП-012А, после термообработки при температуре 90 °С прочно соединяются друг с другом и для их разделения необходимо вводить дополнительную операцию. При разделении не исключена возможность разрушения агрегатов. Прочность агрегатов (разрушающая нагрузка на зерно) благодаря обработке в 10%-ном растворе фенольного связующего повышается независимо от температуры последующей термообработки (рис. 4). Однако при температуре 180 °С прочность на 30–40 % выше, чем при температуре 90 °С.

Для того чтобы на межфазной границе агрегат – связка обеспечивалась высокая адгезионная прочность, соответствующая когезионной прочности материала органической связки, в технологический процесс нанесения стеклополимерных покрытий были внесены изменения.

Если в технологическом процессе нанесения стеклопокрытий предусматривается сушка агрегатов на воздухе, то при нанесении стеклополимерных покрытий после сушки на воздухе окончательное удаление растворителя осуществляется термообработкой при температуре 90 °С. Это связано с тем, что при изготовлении инструмента на основе фенольного связующего в процессе разогревания шихты размягчаются связующее и полимерная пленка на поверхности агрегата. Поскольку их природа одинакова, наблюдается взаимное растворение, а затем при термообработке при температуре 180 °С в течение 20 мин – совместная полимеризация (связующее, обработанное при температуре 180 °С, при повторном нагревании не размягчается).

Выводы

Эффективность стеклополимерного покрытия подтверждена испытаниями инструмента (шлифовальные круги 12А2-45° 125х5х3х32) из алмазов марки АС6 125/100 на органической связке. В результате испытаний установлено, что в результате обработки алмазных порошков со стеклопокрытием раствором фенольного связующего СФП-012А в ацетоне стойкость кругов повышается в среднем в 1,2 раза.

Вивчено метод підвищення адгезійної активності склопокривтів. Показано, що цей метод підвищує міцність закріплення агрегатів в інструментах на органічних зв'язках та стійкість кругів в 1,2 рази.

Ключові слова: адгезія, склопокривтя, органічна зв'язка.

The method of improving of adhesive activity of glass cover was studied. It was been shown that this method increases the aggregate fixing strength in tools on organic binder and durability of wheels 1,2 times more.

Key words: adhesive activity, glass cover, organic binder.

Литература

1. Шило А.Е. Стеклопокрытия для порошков сверхтвердых материалов. – К.: Наук. думка, 1988. – 208 с.
2. Эксплуатационные свойства стеклопокрытий для порошков cBN / С. А. Кухаренко, В. И. Лавриненко, А. А. Девицкий, Е. А Барановская // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 465–470.
3. Чалый В. Т. Композиты и инструменты из СТМ на полимерных связках с механохимической активацией резания // Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Моногр. в 6 т. Т. 3: Композиционные инструментальные материалы / Отв. ред. А. Е. Шило; под общ. ред. Н. В. Новикова. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – С. 82–162.
4. Александров А. И., Жуков В. П., Прокофьев А. И. Механизм образования свободнорадикальных состояний при импульсном воздействии упругих волн на твердые смеси донорно-акцепторных соединений // Изв. РАН. Сер. хим. – 1996. – № 5. – С. 1192–1196.
5. Композиционные материалы из СТМ инструментального назначения / С. А. Кухаренко, А. Е. Шило, Е. К. Бондарев, В. Н. Бычихин // Вісн. НТУ «ХПІ». Темат. вип. «Хімія, хімічна технологія та екологія». – 2004. – № 33. – С. 168–172.

Поступила 18.04.11

УДК 621.922.029

В. І. Лавріненко, І. П. Фесенко, доктори технічних наук, **А. Г. Лубнін, М. М. Шейко**, канд. техн. наук, **В. М. Ткач**, д-р фіз.-мат. наук, **Д. В. Сухарєв, В. О. Скрябін**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРОВАНОСТІ В ГАЛЬВАНІЧНОМУ ЗВ'ЯЗУЮЧОМУ АЛМАЗНОГО ПРАВЛЯЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

Для правлячого інструменту важливим є визначення технологічних умов отримання впорядкованого зв'язуючого. Для цього нами були досліджені особливості формування такого шару, визначені його властивості та технологічні умови зміни його впорядкованості.

Ключові слова: правлячий інструмент, зв'язка, синтетичні алмази.