

УДК 621.921:547.639

Е. А. Пащенко, д-р техн. наук; **О. В. Лажевская**, канд. техн. наук; **А. Н. Черненко**;
Д. А. Савченко, канд. техн. наук; **Н. Н. Нековаль**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИТОВ, ФОРМИРУЮЩИХ АКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Представлены результаты исследования воздействия активных технологических сред, формируемых в контактной зоне при деструкции полимерной составляющей композитов, на работоспособность изготовленных на их основе шлифовальных инструментов и качество обработанных поверхностей.

Ключевые слова: газовая технологическая среда, зона абразивного резания, абразивный композит, деструкция полимерного связующего.

Введение

В результате деструкции полимерной составляющей композитов в динамической контактной зоне формируются газовые технологические среды, способные воздействовать на обрабатываемую поверхность. Такие газовые среды представляют собой низкомолекулярные продукты деструкции полимерной составляющей со значительной долей частиц радикальной природы. Согласно теоретической оценке и экспериментальным данным именно свободные радикалы являются наиболее активным компонентом газовой среды, формирующейся в контактной зоне при деструкции нетермостабильной составляющей композитов.

Концентрация свободных радикалов в динамической контактной зоне резко увеличивается при применении материалов с закономерной кинетикой деструкции. Характер влияния активных газовых технологических сред на обрабатываемые поверхности, а именно разупрочнение и повышение деформируемости поверхностных слоев и углубленная стабилизация после выхода из контакта (что способствует повышению коррозионной стойкости и физико-механических характеристик) делают композиты с закономерной кинетикой контактной деструкции перспективными для изготовления алмазного и абразивного инструмента.

Рассмотрим результаты исследования воздействия активных технологических сред, формируемых в контактной зоне при деструкции полимерной составляющей разработанных композитов, на работоспособность изготовленных на их основе шлифовальных инструментов.

Результаты исследования и их обсуждение

В частности, исследовали влияние концентрации активной газовой среды на режущую способность инструмента (рис. 1). Во всех исследованных случаях зафиксировано увеличение съема обрабатываемого материала при увеличении концентрации радикальных частиц, выделяемых полимерной составляющей композита в контактной зоне.

Для разработанных абразивных композитов воздействие формируемой ими активной технологической среды на обрабатываемые поверхности оказывается фактором, сопоставимым с силовыми параметрами абразивного резания, задаваемыми режимом обработки.

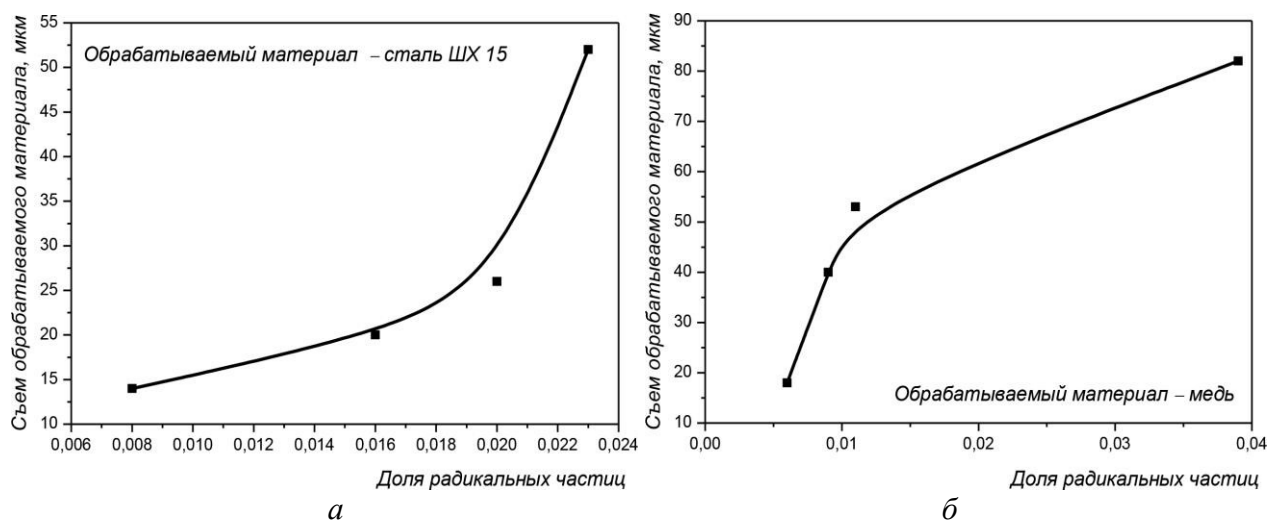


Рис. 1. Режущая способность абразивных композитов по отношению к различным материалам; материал инструмента: а – пористая матрица на основе пирогенного кремнезема, пропитанная метилметакрилатом с добавкой хлорангидрида метакриловой кислоты (концентрация добавки – 5, 10, 15, 20, 25 мас. %), абразив – кубонит КРМ 20/14; б – диановый эпоксидный олигомер, отвержденный бензофенонтетракарбонным ангидридом; наполнитель – пирогенный кремнезем (55 об.%); абразив – карбид кремния зернистостью М20; концентрация отвердителя – 20, 30, 40, 50 мас. %

Состав газовой среды, формируемой композитом в контактной зоне, определяется составом и структурой полимерной составляющей композита. Такие факторы, как режим контактирования и вид обрабатываемого материала, также могут влиять, но менее значительно в сравнении с двумя названными ранее. Естественно, что для двух композитов с различным составом газовых продуктов деструкции будет различаться также набор входящих в их состав радикальных частиц. В условиях равновесной адсорбции на стабильной поверхности твердого тела влияние адсорбированных органических радикалов на структуру и свойства поверхностных слоев может существенно зависеть от вида радикала. Исходя из этого можно было ожидать отсутствия выраженной корреляции между концентрацией радикальных частиц, создаваемой в зоне резания различными абразивными композитами, и параметрами обработки (даже при одном обрабатываемом материале). Отсутствие такой корреляции означало бы, что технологическая среда с небольшой концентрацией высокоактивных относительно данной поверхности радикалов эффективнее среды со значительной концентрацией менее активных радикальных частиц.

Однако анализ обширного экспериментального материала свидетельствует о том, что механохимическая активность композитов при "сухом" контактировании с поверхностью обрабатываемого материала хорошо коррелирует с общей абсолютной концентрацией радикальных частиц в контактной газовой среде и мало связана с различиями (часто весьма значительными) адсорбционной способности радикалов, проявляющимися при равновесной адсорбции. По-видимому, в условиях контактной зоны разница в характере взаимодействия различных органических радикалов с поверхностью твердого тела в значительной степени нивелируется. Это может обуславливаться тем, что участки поверхности, на которых адсорбируются радикальные частицы в зоне трения (или абразивного резания), находясь в возбужденном состоянии, не представляют адсорбирующейся частице таких эффективных каналов для релаксации избытка ее энергии, как при адсорбции на стабильной поверхности.

В результате радикал, склонный к более сильному взаимодействию с поверхностными атомами, адсорбируясь с большим энергетическим выигрышем, получает от поверхности «обратный» толчок. Это приводит к укорачиванию характерной продолжительности адсорбированного состояния для более активно взаимодействующих с поверхностью радикалов. При усреднении по всем частицам, непрерывно поступающим из газовой технологической среды на обрабатываемую поверхность, указанный эффект приводит к выравниванию энергетического вклада радикалов различной активности в процессе механохимической активации. Такая схема взаимодействия компонентов газовой среды с обрабатываемой поверхностью объясняет тот факт, что максимальную активность относительно данного материала во всех исследованных случаях проявлял композит, обеспечивающий максимальную общую концентрацию радикальных частиц в контакте без сильной связи с конкретным набором радикалов.

В результате исследований получены композиты, включающие порошки синтетического алмаза, кубического нитрида бора, корунда и карбида кремния различных марок. Работоспособность шлифовальных кругов на основе этих композитов оценивалась в ходе экспериментов по обработке ими различных материалов. Необходимо отметить, что разработанная модель, описывающая поведение полимерных материалов в зоне абразивного резания, затрагивает только процессы, связанные с деструкцией полимерной составляющей композитов и формированием газовых технологических сред в зазоре «инструмент – обрабатываемая поверхность». При этом композиты с наиболее активными относительно обрабатываемого материала продуктами деструкции не обязательно обладают максимальной

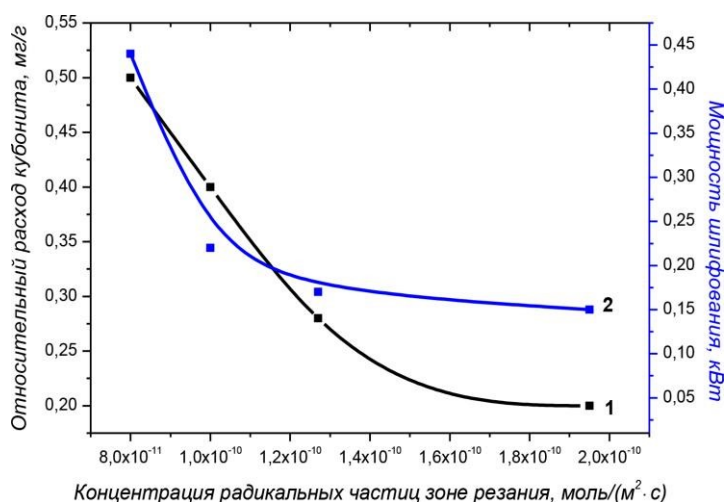


Рис. 2. Кривые влияния активности газовой среды в контактной зоне на показатели обработки стали Р6М5 без охлаждения; материал инструмента – диметакриловый эфир этиленгликоля с добавкой метиленацетилсалициловой кислоты (концентрация добавки – 5, 15, 25, 35 мас. %); наполнитель – цианамид кальция и пирогенный кремнезем; абразив – КР 100/80; 100%

износостойкостью или максимальной прочностью удержания абразивных зерен. Разупрочняющее действие активной газовой среды на обрабатываемую поверхность в общем случае способствует снижению нагрузки на абразивные зерна, однако для сильно различающихся по свойствам композитов различие в износостойкости может оказаться определяющим фактором. Тем не менее, накопленный экспериментальный материал позволяет утверждать, что из двух близких по физико-механическим свойствам композитов для шлифовального инструмента более высокая

работоспособность (стойкость, производительность, качество обработанной поверхности) будет свойственна тому, который обеспечивает большую концентрацию радикальных частиц в продуктах деструкции в контактной зоне.

Шлифовальные круги с алмазом, кубическим нитридом бора, корундом и карбидом кремния, изготовленные на основе композитов с заданным газовыделением, исследовались при обработке различных материалов. Один из таких технически важных материалов – быстрорежущая сталь Р6М5 (рис. 2).

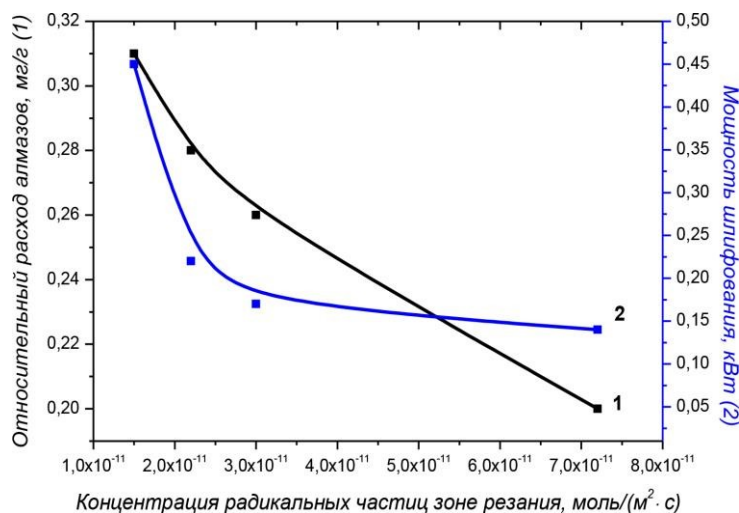


Рис. 3. Кривые влияния активности газовой среды в контактной зоне на показатели обработки твердого сплава ВК15 без охлаждения; материал инструмента – полиамидоимидный олигомер с блокированными концевыми группами; абразив – алмаз АС32 125/100; термообработка композиций в среде аргона при 623 К в течение 30, 60, 90, 120 мин

формируемых ими активных технологических сред.

Другую группу инструментальных композитов для шлифовального инструмента исследовали при обработке твердого сплава ВК15. Соответствующие данные показаны на рис. 3.

Стойкость твердосплавных фрез, заточенных кругами оптимальной характеристики при обработке алюминия повысилась в 2–2,3 раза по сравнению со стойкостью фрез, заточенных кругом на связке Б1.

В качестве абразива в исследованных композитах применяли алмаз АС 32 125/100. Полученные результаты подтверждают закономерность, продемонстрированную приведенными ранее данными об обработке стали, а именно существенное влияние концентрации активной газовой среды на шлифование. Во всех случаях большая концентрация свободных радикалов в контактной зоне позволила снизить мощность шлифования и шероховатость обработанной поверхности. Поскольку физико-механические свойства исследованных композитов близки, однозначно проявилось также влияние активной газовой среды на относительный расход абразива.

Большой интерес с точки зрения оценки технологических возможностей, связанных с применением абразивных композитов с регулируемой деструкцией полимерной составляющей, представляет шлифование вязких химически активных металлов, таких, как титановые и алюминиевые сплавы, без применения СОТС (рис.4).

Стойкость сверел, заточенных экспериментальным кругом с оптимальной характеристикой, в 1,8–2 раза превышала стойкость сверел, заточенных серийными эльборовыми кругами на связке КБ.

Твердость и износостойкость безабразивной основы исследованных инструментальных композитов различаются не более чем на 20–30 %. Следовательно, различия их работоспособности, намного превышающие указанные значения, обусловлены различием концентраций

Использованные для сравнения шлифовальные круги на связках КБ и круг производства фирмы «Винтер», также предназначенный для шлифования без применения СОТС даже при меньших поперечных подачах давали прижог на обрабатываемой поверхности и быстро засаливались. На повышенном режиме засаливание с полной утратой

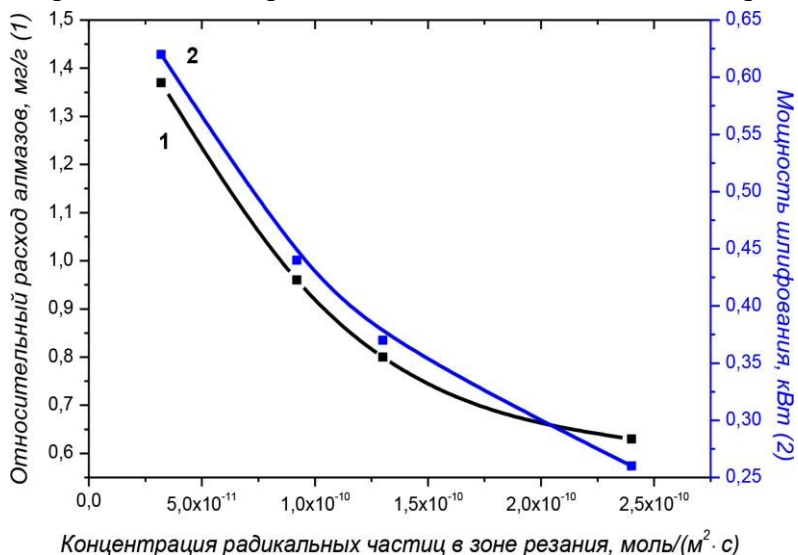


Рис. 4. Кривые влияния активности газовой среды в контактной зоне на показатели обработки сплава ВТ 22 без охлаждения; материал инструмента – ароматический политриазин на основе бисцианового эфира дифенилолпропана с добавкой 0, 5, 10, 15 % фенилглицидилового эфира; абразив – эльбор ЛКВ 125/100

радикалов в контактной зоне обеспечивали бездефектную обработанную поверхность и стабильность режущей способности, в том числе при повышенной поперечной подаче.

Значительный интерес представляла оценка активности газовых технологических сред, формируемых полимерными композитами в зоне резания, при технологической обработке в присутствии СОТС. Проведенный теоретический анализ привел к выводу, что при шлифовании в контактной зоне неизбежно возникают кратковременные разрывы сплошности пленки СОТС, представляющие собой каналы, по которым возможен доступ активных летучих компонентов к обрабатываемой поверхности. Для проверки этого предположения исследовали работоспособность шлифовальных кругов формы А8 при внутреннем шлифовании посадочных отверстий колец подшипников (сталь ШХ15). Результаты испытаний показаны на рис. 5.

режущей способности происходило на протяжении первых нескольких проходов, по всей обрабатываемой поверхности наблюдался глубокий дефектный слой (прижог).

Вместе с тем даже те круги на основе разработанных композитов, которые создавали наименьшую концентрацию активной среды в зоне резания, при меньшей поперечной подаче обеспечивали бесприжоговое шлифование и стабильную режущую способность. При повышенной поперечной подаче появлялся прижог и происходило засаливание рабочей поверхности. Круги на основе композитов с максимальной концентрацией свободных

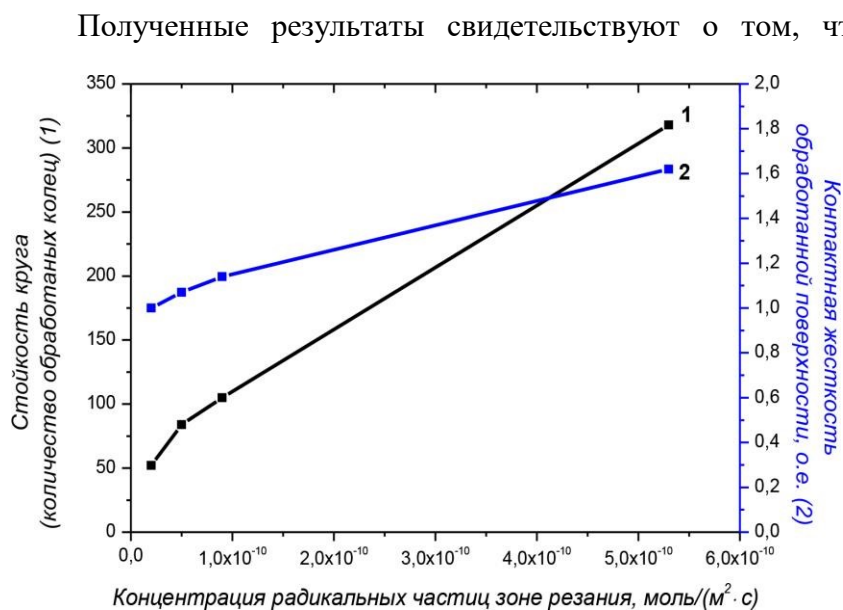


Рис. 5. Сравнительная характеристика работоспособности серийного и экспериментального инструментов при шлифовании стали ШХ15 в присутствии СОТС; материал инструмента – диановый олигомер; отвердитель – смесь тетрагидрофталевого ангидрида с паратолуолсульфамидом 4:1, 3:1, 2:1, 1:1; наполнитель – пирогенный кремнезем

Таким образом, активные газы технологические среды, формируемые разработанными композитами в зоне резания, существенно

влияют не только на режущую способность абразивного инструмента, но и параметры обработанных поверхностей. Влияние летучих продуктов деструкции полимерной составляющей на качество обработанной поверхности комплексное исследовали на примере плоского шлифования жаропрочного сплава ХН77ТЮР. В экспериментах использовали круги 1А1 250×20, изготовленные из композитов различных характеристик, абразив – порошок электрокорунда 25А зернистостью 160/125. Для сравнения использовали круг такого же типоразмера с таким же абразивным зерном на стандартной керамической связке К5. Шлифование данным кругом проводилось только в присутствии СОТС, так как без СОТС на обрабатываемой поверхности образовывался сильный прижог. Использование для сравнения серийных абразивных кругов на полимерной (бакелитовой) связке оказалось нецелесообразным из-за чрезвычайно быстрого их износа при шлифовании жаропрочного сплава. Полученные результаты подтвердили активную роль газовых технологических сред, образующихся из продуктов деструкции полимерной составляющей композитов, в формировании обрабатываемых поверхностей при шлифовании. По мере увеличения активности формируемой газовой технологической среды наблюдалось значительное улучшение качества шлифованной поверхности жаропрочного сплава. Во всех случаях зафиксировано уменьшение шероховатости поверхности, увеличение относительной длины опорного профиля и повышение контактной выносливости образцов. При одинаковой глубине шлифования износ экспериментальных кругов на основе композитов с повышенной механохимической активностью был в 2,2–4,2 раза меньше, чем серийного круга.

426

Выводы

Таким образом, результаты обширных испытаний разработанных композитов подтверждают активную роль газовых технологических сред, образующихся из продуктов деструкции полимерной составляющей композитов, в повышении работоспособности созданных на их основе инструментов и формировании обрабатываемых поверхностей при шлифовании. Так, из двух близких по физико-механическим свойствам композитов для шлифовального инструмента лучшая работоспособность (стойкость, производительность, качество обработанной поверхности) будет свойственна тому, который обеспечивает большую концентрацию радикальных частиц в продуктах деструкции в контактной зоне. Можно сказать, что для разработанных абразивных композитов воздействие формируемой ими активной технологической среды на обрабатываемые поверхности оказывается фактором, сопоставимым с силовыми параметрами абразивного резания, задаваемыми режимом обработки. Существенное влияние концентрации активной газовой среды на процесс шлифования проявляется в снижении мощности шлифования и шероховатости обработанной поверхности, повышении и стабильности режущей способности, уменьшении дефектности обработанной поверхности. В присутствии жидких технологических сред разработанные композиты также сохраняют высокую механохимическую активность.

Наведено результати дослідження дії активних технологічних середовищ, що формуються в зоні контакту при деструкції полімерної складової композитів, на працездатність виготовлених на їх основі шліфувальних інструментів та якість оброблених поверхонь.

Ключові слова: газове технологічне середовище, зона абразивного різання, абразивний композит, деструкція полімерного зв'язуючого.

INVESTIGATION EFFICIENCY ABRASIVE COMPOSITES FORMED ACTIVE TECHNOLOGY ENVIRONMENT IN THE AREA OF CUTTING

The results of studies of the effect of active technological mediums generated in contact zone with degradation of composites polymer component, on working capacity of grinding tools and on quality of treated surfaces are presented.

Key words: gas technological medium, abrasive cutting zone, the abrasive composite, degradation of the polymeric binder.

Поступила 23.06.16