М. П. Купреев
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СТАЛЕЙ

Введение. Эффективность шлифования и качество обработанной поверхности во многом зависит от применяемого абразивного инструмента. Одним из наиболее доступных методов совершенствования абразивного инструмента является импрегнирование его специальными составами. Хорошо работают круги, пропитанные серой. При взаимодействии серы со сталью в зоне резания создаются условия для образования сульфата железа – относительно легкообрабатываемого материала. Кроме этого, сера выступает в качестве твердой смазки. Из недостатков можно отметить незначительное разупрочнение обработанной поверхности, специфический запах серы и вредность для здоровья.

При шлифовании труднообрабатываемых сталей и сплавов эффективно применение абразивного инструмента из карбида кремния на керамической связке [1]. Коэффициент шлифования повышается в 1,4…1,5 раза, а стойкость по количеству обработанных изделий увеличивается в 1,2…1,3 раза (в сравнении с инструментом из электрокорунда). Существенным недостатком такого инструмента является низкая механическая прочность, что приводит к его повышенному износу и снижению производительности шлифовании. Это объясняется тем, что керамическая связка не реакционноспособна к карбидокремниевым зернам, и они удерживаются в черепке в основном за счет механического заклинивания в связке.

В работе [2] предлагается повысить прочность абразивного инструмента из карбида кремния добавкой в абразивную массу адгезионно-активных к керамической связке абразивных частиц наполнителя, например, электрокорунда. За счет армирования черепка частицами наполнителя повышает качество шлифования.

Режущие свойства также зависят от поровой структуры абразивов. Так, на ОАО «САЛЕО-ГОМЕЛЬ» для высокоточной шлифовки распределительных дисков, блоков цилиндров и других деталей используются высокопористые шлифовальные круги фирмы Rappold Winterthur с параметрами 11C120H15VP. Они изготавливаются из карбида кремния зернистостью 80…120 мкм (F80, F120), имеют высокую пористость (15 структура), очень мягкие – H (M1). Эти круги хорошо зарекомендовали себя в работе. Структура круга 11C120H15VP представлена на рисунке 1. Он состоит из зерна зеленого карбида кремния зернистостью F80, керамической связки и пор размером 0,8–1,0 мм. Расстояние между порами 0,4–1,2 мм.

Рисунок 1 – Структура круга 11C120H15VP

Основная часть. Представленные данные свидетельствуют о перспективности исследований по совершенствованию абразивного инструмента для труднообрабатываемых сталей с использованием выгорающих наполнителей и карбида кремния. Отработка технологии проводилась на примере изготовления и испытания чашечного шлифовального круга ЧЦ 60х50х25, аналогичного по размерам кругу 11С120Н15VP. Для исследований выбрана абразивная масса, состоящая из зерна электрокорунда, карбида кремния и органического наполнителя разной зернистости.

Анализ структуры круга 11С120Н15VP и литературных данных показал, что большое применение в промышленности имеют крупнопористые абразивные инструменты, общая объемная пористость которых может быть от 35 % до 70 %, а величина пор от 0,5–1,0 мм и более. В связи с этим для исследования выбран порошок электрокорунда зернистостью F60 (250 мкм) и порошок карбида кремния F46 (320 мкм), а в качестве выгорающего наполнителя – новый органический наполнитель с размером частиц 320–630 мкм. Размер частиц наполнителя больше размера абразивного зерна в 1,5...2 раза, что позволяет получить высокопористый абразивный материал с большими порами.

На рисунке 2 представлен образец экспериментального шлифовального чашечного круга ЧЦ 60х48х25 25А F60 64С F46 15V из электрокорунда 25А зернистостью F60 (250 мкм), изготовленного с введением в формовочную массу 43–50 % (по массе) карбида кремния 64С и 10–15 % (по массе) и нового порообразующего органического наполнителя с размером частиц 320–630 мкм. Все круги не разрушились и не деформировались во время сушки и последующего обжига при скорости подъема температуры во время обжига 70 °С в час до 1 050 °С.

Рисунок 2 – Высокопористый экспериментальный шлифовальный круг
ЧЦ 60 х 50 х 25 25А F60 С64 F46 15V

В таблице 1 представлены характеристики и результаты производственных испытаний абразивных кругов, изготовленных из порошка электрокорунда 25А, в зависимости от содержания в формовочной массе карбида кремния 64С, керамической связки и порообразующего наполнителя. Из таблицы видно, что при содержании связки более 14 % шлифовальные круги получаются мягкими и сыпятся. Наилучшие эксплуатационные свойства имеют круги, изготовленные из шихты, содержащей 14 % (по массе) керамической связки и 10 % (по массе) порообразующего наполнителя. В процессе работы они не засаливаются, не сыпятся и обеспечивают достаточно большую глубину резания. Режущая способность и производительность указанных инструментов значительно выше обычных кругов из электрокорунда. Кроме того, высокопористый абразивный инструмент с карбидом кремния и обрабатываемый материал при работе нагреваются меньше, вследствие чего не наблюдается прижогов на обрабатываемой поверхности.

Таблица 1 – Характеристики и режущие свойства абразивных кругов, изготовленных из порошка электрокорунда 25А, в зависимости от содержания в формовочной массе карбида кремния 64С, керамической связки и нового органического порообразующего наполнителя с размером частиц 0,32–0,63 мм

№ опыта	Содержание электрокорунда 25А F25 в формовочной массе, масс.%	Содержание карбида кремния 64С F46 в формовочной массе, масс.%	Содержание керамической связки в формовочной массе, масс.%	Содержание порообразователя в формовочной массе, масс.%	№ Структуры	Характеристика работы при обработке деталей
1	57	43	15	12	15	Сыпится
2	50	50	13	15	15	Работает при глубине шлифования до 0,08 мм
3	50	50	14	10	10	Работает хорошо, не сыпится и не засаливается

В результате микроскопических исследований установлено, что при содержании наполнителя в формовочной массе до 12 % поры от него (после выгорания) занимают меньший объем, чем абразивное зерно, а ширина стенок между порами превышает их размеры. При содержании наполнителя в формовочной массе свыше 16 % после его выгорания ширина стенок между порами соответствует или меньше размерам пор. Абразивный материал приобретает при этом очень развитую губчатую структуру. Крупные поры в полученных абразивах заключены между стенками из абразивно-керамической массы (шлиф-зерно, сцементированное связкой). Наличие крупных пор и губчатая структура инструмента позволяет обрабатывать им такие материалы, как резину, пробку, кожу, войлок, а также мягкие горные породы и металлы, которые или совсем не могут обрабатываться обычными кругами, или обрабатываются плохо.

На ОАО «Борисовский завод «Автогидроусилитель» для шлифовки отверстий в различных деталях механизмов рулевого управления автомобилей с целью исключения прижогов применяются пропитанных серой абразивные круги 1,25х32х10 25А16СМ1 50 м/с. В связи с вредностью паров серы были проведены исследования по замене этих кругов на пористые и на содержащие карбид кремния. При изготовлении пористых кругов в состав абразивной массы вводилось 5 % выгорающего наполнителя с размером частиц 0,2–0,35 мм. Круги с карбидом кремния содержали в своем составе 70 % шлифзерна электрокорунда белого 25А F80 и 30 % шлифзерна карбида кремния С64 F120.

Испытания проводились на станках:

Специальный внутришлифовальный с ЧПУ ОШ 636ФЗ, СОЖ ИНКАМ ОИЛ-14 ТУ 0258-011-42147065-2022 (на водной основе).

Специальный внутришлифовальный копировальный Bryant (Ц-2), СОЖ МР-10 ТУ 38.101973-85 (на масляной основе).

В результате испытаний установлено, что лучшие режущие свойства показали круги с карбидом кремния. Они имели сравнимую с пропитанными серой стойкость на всех станках. Прижогов на обработанной поверхности во время испытания не наблюдалось. Шлифкруги 1,25Х32Х10 25А 16 СМ1 с карбидом кремния являются удовлетворительной заменой кругов 1,25х32х10 25а 16СМ1 50 м/с, пропитанных серой и поставляются университетом на ОАО «Борисовский завод «Автогидроусилитель».

Заключение. В процессе исследований решен комплекс задач, необходимых для изготовления абразивного инструмента с высокими режущими свойствами, связанный с использованием нового порообразующего наполнителя, карбида кремния и легкоплавкой керамической связки.

Изучено влияние состава абразивной массы на прочностные и режущие свойства шлифовальных кругов на легкоплавкой керамической связке из смеси электрокорунда и карбида кремния при обработке легированных сталей. Установлено, что при температуре обжига 1050 ºС карбид кремния окисляется незначительно и абразивный инструмент характеризуется высокой режущей способностью при содержании в шихте до 10 масс.% выгорающего органического порообразователя.

Литература

1. Абразивный инструмент: Пат. РФ 2215643 / В. М. Шумячер, В. А. Назаренко, С. А. Крюков, И. В. Дуличенко. – Опубл. 10.11.2003, Бюл. № 31.

2. Крюков С. А. Технологические принципы проектирования и изготовления шлифовальных кругов путем совершенствования их структурно-механических характеристик: дис. док. техн. наук: 05.02.07 / С. А. Крюков. – Волжский, 2018. – 352 с.

А. А. Маевский[1], К. Д. Данильченко[1], А. В. Семченко[1], В. В. Сидский[1], Г. В. Чучева[2], Д. А. Киселёв[2], А. А. Бойко[3], Л. В. Судник[4], Н. В. Гапоненко[5]

[1]Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь,

[2]Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация,

[3]Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель, Республика Беларусь,

[4]Институт порошковой металлургии имени академика О. В. Романа, г. Минск, Республика Беларусь,

[5]Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ СОСТАВОВ BST, SBTN, SBT

Введение. Тонкие пленки титаната бария-стронция ($(Ba,Sr)TiO_3$) (BST) широко примененяются в различных областях, включая динамическую оперативную память (DRAM), благодаря своим уникальным диэлектрическим свойствам.

Кроме BST, для приложений в энергонезависимой памяти (NVRAM) существуют альтернативные материалы, такие как слоистые висмутовые оксиды с перовскитоподобной структурой, например, $SrBi_2Ta_2O_9$ (SBT). Эти материалы демонстрируют отличную устойчивость к усталости, показывая менее 5 % изменений в остаточной поляризации даже после 10^{12} циклов переключения, что делает их перспективными кандидатами для использования в FRAM и NVRAM [1–2].

Установление возможности регулирования сегнетоэлектрических свойств плёнок на основе SBT путём изменения стехиометрического соотношения компонентов, выбора материала подложки и настройки параметров синтеза является актуальной научной задачей.