

УДК 621.923.6

А. А. Шепелев, докт. техн. наук; В. Г. Сороченко, канд. техн. наук;
А. Е. Дуброва, А. А. Шепелев мл., инженеры

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

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ С ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ РАБОЧИМ СЛОЕМ ИЗ СТМ

High-efficiency abrasive wheels with the is functional-focused working layer from SHM are considered in article. Laws of processes of grinding of hard alloys, hard alloys in common with steel on metal and organic bonds are presented. And also processes of cutting of composite and other building materials by disk tools from SHM on a metal bond.

В современном инструментальном производстве применение сверхтвердых абразивных материалов (СТМ) – синтетического алмаза и кубического нитрида бора (КНБ) – рассматривается как приоритетное направление увеличения производительности и повышения надежности режущих инструментов. С наибольшей эффективностью инструменты из СТМ применяются в технологических процессах алмазно-абразивной обработки, для которых важна их гарантированная стойкость, высокие режущие свойства и производительность. Однако необходимая в современных условиях эффективность обработки вольфрамовых сплавов, инструментальных сталей и керамики практически обеспечивается при производительности шлифования не более 1000–3000 мм³/мин, в то время как станочные системы и промышленные технологии механообработки могут обеспечить производительность 3000–5000 мм³/мин, а в недалеком будущем – 10000 мм³/мин. Для интенсификации процессов шлифования необходимо создание нового поколения шлифовальных кругов из СТМ и прогрессивных технологических систем.

Эффективность шлифовальных кругов из СТМ обеспечивается оптимальным выбором функционально-ориентированного рабочего слоя, определяющего использование соответствующей связки и ее физико-механических свойств, оптимальной конструкции и характеристики кругов и соответствующих им режимов шлифования, применением эффективной смазки-охлаждения и целого ряда других факторов, обуславливающих обрабатываемость инструментальных материалов.

Нами исследованы [1] процессы шлифования твердых сплавов и твердых сплавов совместно со сталью 45 кругами формы 12A2-45° на металлических (M2-01, M1-04, M3-16, M1-05, M2-09, M1-01, M1-02, M5-22) и органических (B2-01, B1-11П, B2-07, B2-08, B1-13) связках. Изучено влияние вида покрытия (M, C, A1, A2) и характеристики

(марка и зернистость) порошков алмаза и конструкции рабочего слоя кругов: с одно-, двух-,

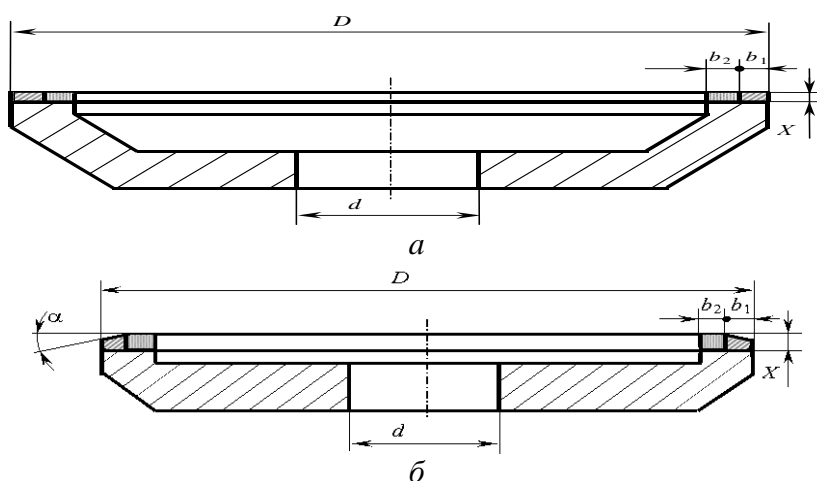


Рис. 1. Круги шлифовальные форм 12A2 (а) и 12M2 (б)
с двухслойным рабочим слоем.

(марка и зернистость) порошков алмаза и конструкции рабочего слоя кругов: с одно-, двух-,

трехслойным и стым (SS) рабочими слоями (рис. 1-3). Исследования проводили по схеме многопроходного и глубинного шлифования.

Установлено, что износостойкость кругов с двух- и трехслойным рабочими слоями равнозначна однослойным кругам – достигаются практически те же величины производительности и эффективной мощности шлифования. При этом наличие режущей поверхности с меньшей зернистостью алмаза при определенном значении общей ширины рабочего слоя не снижает работоспособность шлифовального круга в целом как режущего инструмента. В то же время такая конструкция режущей поверхности шлифовального круга обеспечивает уменьшение шероховатости обработанной поверхности.

Так, для трехслойных кругов при поперечных подачах, равных 0,05–0,10 мм/дв. ход, R_a составляет 0,11–0,20 мкм, для однослойных – 0,20–0,26 мкм. Аналогичная зависимость наблюдается для кругов с двухслойным рабочим слоем.

Из количества исследованных металлических связок наибольшей работоспособностью отличаются шлифовальные круги на связке марки М1-04, что подтверждается данными [1]. Однако, если при обработке твердых сплавов при поперечной подаче не более 0,05 мм/дв. ход работоспособность кругов на всех исследуемых металлических связках примерно одинакова, то при обработке твердых сплавов совместно со сталью преимущество кругов на связке марки М1-04 весьма существенно, особенно при шлифовании с поперечными подачами более 0,05 мм/дв. ход. Если при $S_{\text{поп}} = 0,05$ мм/дв. ход износостойкость кругов на связке марки М1-04 в 2,7 раза выше по сравнению с кругами на связках марок М1-01 и М2-02, то при $S_{\text{поп}} = 0,1$ мм/дв. ход эта разница достигает 20 раз. Износостойкость кругов на связке марки М1-04 с увеличением поперечной подачи в 4 раза (с 0,05 до 0,2 мм/дв. ход) соответственно снижается в 3–4 раза (с 0,80 до 3,01 мг/г).

Изучена работоспособность кругов на металлических связках с различным покрытием алмаза. Сравнивали эффективность металлических (М, А1) связок и стеклопокрытый (С) алмазных порошков. Установлено, что износостойкость кругов на металлических связках с металлизированным (М)

порошком алмаза, как правило, выше по сравнению с кругами, содержащими алмаз со стеклопокрытием (С). Этот вывод подтверждается исследованиями [2]. Для кругов на связке М1-04 с шириной алмазосодержащего слоя 20 мм износостойкость кругов, содержащих металлизиро-

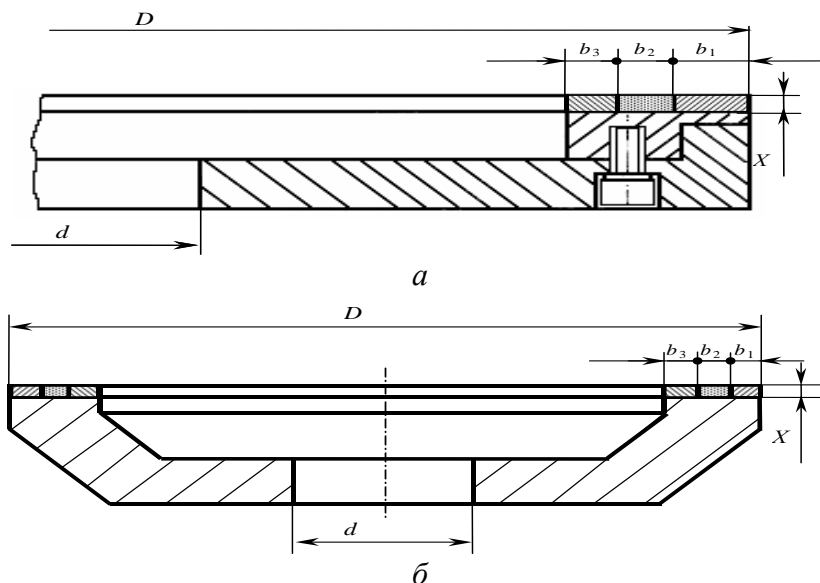


Рис. 2. Круги шлифовальные форм 9А3 (а) и 12А2 (б) с трехслойным рабочим слоем.

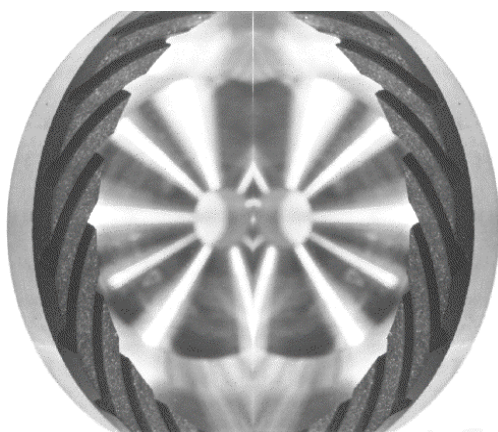


Рис. 3. Круг шлифовальный формы 12А2-45° SS с прерывистым рабочим слоем.

ванный и покрытый стеклом алмаз, одинакова, и эта зависимость сохраняется при увеличении поперечной подачи до 0,2 мм/дв. ход. По сравнению с кругами с неметаллизированным алмазом износостойкость кругов с металлизированным алмазом на 20–40 % выше. Круги, содержащие алмаз со стеклопокрытием, обладают более высокой режущей способностью и производительностью по сравнению с кругами с неметаллизированным алмазом и характеризуются меньшей мощностью шлифования, а, следовательно, и менее напряженным температурно-силовым влиянием на процесс абразивной обработки [3].

Для резки широко используемых в промышленности композиционных, строительных, конструкционных и др. материалов применяют дисковый инструмент на базе синтетического алмаза и кубического нитрида бора. Основным требованием к процессу разрезания является обеспечение минимальной ширины реза при максимально возможной производительности обработки.

Для выполнения этого требования выдвинута гипотеза о том, что максимальную производительность резания можно обеспечить применением в дисковых кругах инструментальных однорядных многослойных композитов из СТМ зернистостью, равной толщине инструмента, определяющей ширину реза. Формирование таких каркасных композитов при изготовлении дискового инструмента с соотношением $b/z = 1-2$ реально может быть реализовано в условиях автоматизированного процесса локального спекания инструментального композита.

Анализ информационных данных по отрезным кругам из сверхтвердых материалов позволил выявить две наиболее существенные тенденции в их развитии:

1. Переход к комбинированным формам кругов типа «Турбо-Лазер» и специальным, совмещающим резание не только по периферии, но и по торцам круга, которые позволяют сделать процесс резки окончательным.

2. Использование потенциальных свойств корпусов в повышении прочности и жесткости кругов, а также снижении теплонапряженности процесса резки (формирование в корпусах кругов металлургических ребер жесткости, а также применение кругов с гофрированным корпусом).

Исследованы особенности формирования структуры композитов из СТМ, полученные в условиях локального термического спекания. Исследования проводили на тонкостенном дисковом инструменте в виде алмазных отрезных кругов формы 1A1R 125x0,7x20. Корпус кругов изготавливали из стали марки 13X и предварительно меднили (толщина слоя меди ≈ 40 мкм). За основу был принят композит с алмазом на основе меди ($Sn - 15\%$ (по массе), $Co - 13\%$ (по массе), $Cu -$ остальное).

Для спекания кругов по режиму горячего прессования инструментов была разработана специальная технологическая установка, которая позволяла регулировать усилие спекания по заданному временно-температурному закону, оптимизировать и стабилизировать процесс изготовления кругов, а также увеличить повторяемость технических характеристик кругов.

Показано, что алмазные круги 1A1R «Корона» и 1A1RSS «Турбо» (рис. 4 и 5), изготовленные по описанной выше технологии программированного прессования и спекания, по сравнению со стандартными отрезными кругами имеют повышенный срок службы, позволяют увеличить производительность обработки в 2,5–3,0 раза,

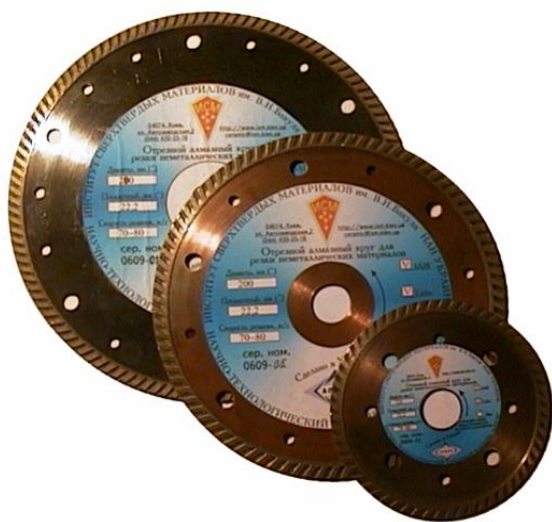


Рис. 4. Отрезные алмазные круги формы 1A1 RSS «Турбо».

снизить энергозатраты на обработку в 1,7–2,0 раза и обеспечить экономию материалов, которые подвергались обработке, на 35–50 %.

Проведены производственные испытания дискового инструмента при резании гранитов средней твердости марки «Покостовский карьер» и высокой твердости марки «Янцевский карьер». При режимах резания $v_k = 45$ м/с; $t = 5–8$ мм; $S_{\text{прод}} = 0,25–0,35$ м/мин определяли общую длину резов за испытание и соответствующую величину износа алмазных кругов. Результаты испытаний показали, что разработанные ИСМ им. В. Н. Бакуля НАНУ отрезные круги формы 1A1RSS «Турбо» по работоспособности отвечают кругам фирм «BOSCH» и «DISTAR». Испытания подтвердили, что разработанные дисковые инструменты из СТМ на основе композита марки МХ конкурируют с кругами таких фирм, как «BOSCH» (Германия), «МАКИТА» (Япония), «ТОУА» (Великая Британия, Германия, Польша) и «DISTAR» (Украина).

Таким образом, выполненные экспериментально-аналитические исследования на основе системного научного подхода и оптимизации системы «процесс шлифования – шлифовальные круги – режимы шлифования» позволяют решать научно-техническую проблему механообработки, включающую интенсификацию процессов шлифования инструментальных и других материалов, разработку высокопроизводительных технологий и конкурентоспособных инструментов из СТМ со специальным функционально-ориентированным рабочим слоем, что для инструментального производства является ключевой задачей и имеет приоритетное значение в машиностроении и других направлениях производства.

Литература

1. Шепелев А. А. Исследование работоспособности алмазных шлифовальных кругов с функциональными конструкторско-технологическим рабочим слоем // Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. праць (сер. Г) НАН України. – К.: ІНМ НАН України, 2001. – С. 161–175.
2. Шепелев А. О., Лавриненко В. І., Гонтар О. Г. та ін. Встановлення закономірностей формування двокаркасних метало-полімерних композитів з КНБ за умов їх програмованого спікання та пресування // Резание и инструмент в технологических системах. – 2001. – Вып. 60. – С. 258–261.
3. А. с. 545457 СССР, МКИ2 В 24 D 3/34, В 24 D 3/06. Связка абразивного инструмента / В. Н. Галицкий, В. А. Муровский, С. И. Лищинский, И. П. Захаренко, А. А. Шепелев. – Заявл. 13.12.74, Опубл. 05.02.77, Бюл. № 5.

Поступила 12.06.07.

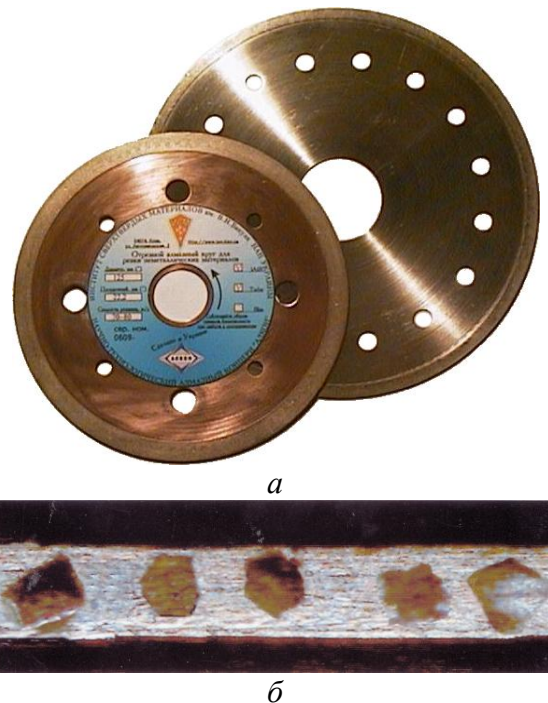


Рис. 5. Общий вид (а) и структура рабочего слоя (б) отрезных алмазных кругов формы 1A1R «Корона».