

10. Materialy metalevi. Vyznachennia tverdosti za Vickersom. Chastyna 1. Metod vyprobuvannia [Metal materials. Determination of Vickers hardness. Test method]. (2008). *DSTU ISO 6507-1:2007*. Kyiv: DP UkrNDNTS [in Ukrainian].
11. Prokat sortovyi, kalibrovanyi iz spetsialnym obroblenniam poverkhni z vuhletsevoi yakisnoii konstruktsiinoi stali. Zahalni tekhnichni vimohi [Rolled high-quality, calibrated with a special surface treatment of high-quality carbon structural steel. General technical requirements]. (2016). *DSTU 7809:2015*. Kyiv: DP UkrNDNTS [in Ukrainian].
12. Prokat iz resorno-pruzhinnoi vuhletsevoi ta lehovanoi stali. Tekhnichni umovi [Rolled spring-loaded carbon and alloy steel. Specifications]. (2016). *DSTU 8429:2015*. Kyiv: DP UkrNDNTS [in Ukrainian].
13. Grigoryev, V. K. (1976). *Tverdost i mikrotverdost metallov [Hardness and microhardness of metals]*. Moscow: Nauka [in Russian].

УДК 621.891.923

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-407-417

В.Е. Бабич, канд. техн. наук^{1,2}

¹Физико-технический институт НАН Беларуси, 220141, г. Минск, ул. Купревича 10

²Университет гражданской защиты МЧС Беларуси,
220118, г. Минск ул. Машиностроителей 25, e-mail: babich83@tut.by

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН

Исследованы процессы резания бетона, железобетона и композиции материалов. Рассмотрены основные представления о процессах разрушения материалов при резании алмазным отрезным кругом. Определены нагрузки на алмазный отрезной круг, обеспечивающие максимальную производительность при резании бетона, железобетона и композиции, входящей в состав входной двери. Исследованы механизмы изнашивания алмазных зерен при равных нагрузках на алмазное зерно при резании различных материалов, позволяющие сделать выводы про кардинально отличные механизмы, происходящие в зоне резания.

Ключевые слова: алмазный сегментный круг, поверхности износа, резание бетона, резание композиции материалов.

Введение

Ежедневно спасатели выполняют операции по спасанию людей, используя при этом различный аварийно-спасательный инструмент. Наиболее распространенной операцией, выполняемой спасателями, является вскрытие входных дверей, представляющих собой комбинацию различных типов материалов. Нередки случаи, когда для деблокирования пострадавших необходима разборка завалов, сформированных в процессе разрушения строительных конструкций.

Основными аварийно-спасательными инструментами, используемыми спасателями, являются абразивно-отрезные устройства (бензорезы) (рис. 1). Рабочим органом абразивно-отрезного устройства выступает абразивный круг. Спасатели используют абразивные круги двух типов: круги отрезные на бакелитовой связке и круги алмазные отрезные. Как правило, отрезные круги на бакелитовой связке используются при резании изделий из металла. При этом данные типы кругов имеют ограниченный срок годности (6–36 месяцев), требуют особых условий хранения и эксплуатации (исключается попадание воды на поверхности круга и в зону резания). Алмазные отрезные круги применяются при резании бетона и

железобетона. При резании алмазными кругами металлических изделий возникает эффект засаливания, затрудняющий процесс резания. Положительной стороной эксплуатации алмазных отрезных кругов для спасателей являются отсутствие требований к хранению, неограниченный срок годности, возможность использования в условиях попадания воды в зону резания и на поверхность круга [1].



Рис. 1. Виды работ, выполняемых спасателями с использованием алмазного инструмента

Спасательные службы чаще делают выбор в пользу абразивных отрезных кругов, обосновывая это не техническими характеристиками, а в первую очередь экономической составляющей (в зависимости от производителя, стоимость алмазного отрезного круга превышает стоимость абразивного отрезного круга в 5–20 раз). Однако в случае выполнения спасательных работ, где от оперативности действий спасателей зависят жизни людей, а также объем поврежденного имущества (в случае пожаров), экономическое обоснование выбора абразивного инструмента является некорректным.

Существующие эксплуатационные характеристики алмазных и абразивных кругов позволяют утверждать, что оптимального круга, позволяющего выполнять спасательным службам резание различных материалов (в том числе и комбинаций материалов), нет.

На основании приведенных данных можно утверждать, что для спасательных служб необходимо создавать алмазный инструмент с заданными свойствами (форма алмазных зерен, зернистость, концентрация алмазов, форма сегмента, состав связки и т. д.) для обеспечения максимальной эффективности резания различных материалов (бетон, железобетон, комбинации металла и утеплителя) – с минимальными требованиями к хранению и возможностью использования в условиях «сухого» и «мокрого» резания. Экономическая эффективность использования в данном случае отходит на второй план. Сегодня отсутствуют четкие рекомендации по выбору алмазного отрезного инструмента, позволяющего выполнять операции по разрезанию различных материалов, в том числе и комбинаций материалов, формирование которых возможно при чрезвычайных ситуациях.

Как правило, основными задачами производителей алмазных кругов являются создание инструмента для обработки мономатериалов с длительным периодом эксплуатации и минимальными затратами на изготовление. Соответственно, область исследований процесса резания алмазного инструмента направлена на определение процесса резания мономатериалов. Для обоснования выбора алмазного круга с заданными свойствами необходимо исследовать механизмы изнашивания алмазных зерен при резании различных типов материалов.

Известные исследования процессов резания алмазными отрезными кругами направлены на исследование механики процессов резания природных материалов. Основным и фундаментальным параметром резания бетона и железобетона является удельная энергия, которая может быть определена как энергия, затраченная на единицу объема удаленного материала или на единицу площади поверхности реза.

В работах ряда авторов рассматриваются различные варианты оценки резания с использованием корреляций между удельной энергией резания, удельной энергией разрушения и концепции хрупкости [2, 3].

В работе [4] представлено, что хрупкость – это не свойство материала, а параметр, описывающий тип его разрушения. Т. к. трещины редко бывают только вязкими или хрупкими, шкала хрупкости может быть определена по-разному, например, по отношению упругой деформации при разрушении к пластической деформации при разрушении [2, 3]. Чем выше этот коэффициент, тем выше хрупкость излома и тем ниже его пластичность. Хрупкость также может быть определена в виде отношения удельной энергии упругой деформации при разрушении к общей удельной энергии деформации при разрушении.

Механику резания (разрушения) алмазным отрезным кругом автор [5] представил как теорию механики резки горных пород, где он оценивает силу резания на основе критерия разрушения Мора-Кулона, глубины реза, вдавливания и геометрии режущего инструмента. Автор пришел к выводу, что в процессе резания наблюдается широкая вариация силы резания и прерывистое образование режущей стружки; отсутствует пластическая деформация; эти явления показывают, что способ разрушения, который имеет место при резании горных пород, является хрупким; сила резания не зависит от скорости резания. Поэтому автор предположил, что скорость резания не влияет на процесс и механику резания горной породы.

Наблюдая за процессом разрушения породы во время резания и учитывая сходство с процессом резания металла, можно сделать вывод, что возникает уплотненная зона измельченного материала, которая прилипает к краю алмазного острия или режущего инструмента, становясь его частью. Автор [5] описывает возникновение макроскопической трещины разрушения, которая приводит к образованию крупных частиц стружки, соответствующей максимальному значению силы резания. Данная сила резания вызывает состояние напряжения в обрабатываемом материале, вызывая распространение макроскопической трещины разрушения, когда нормальное напряжение и напряжение сдвига удовлетворяют критерию разрыва Мора-Кулона.

Форма и размер сколов, образующихся при резании, зависят от характеристик обрабатываемого материала, интенсивности прилагаемых усилий и используемой технологии резания.

Эксперименты, проведенные в работе [6], показывают, что резание горных пород связано с «вязким» или «хрупким» режимом разрушения в зависимости от глубины резания. Вязкий режим происходит на небольшой глубине среза и связан с пластическим течением, в то время как хрупкий режим происходит выше пороговой глубины среза и характеризуется распространением трещины растяжения.

Процесс резания горных пород алмазными дисками авторы [7] описывают с помощью моделей, основанных на простой геометрии режущих кромок, разделяя процесс распиливания породы на два механизма: первичное образование стружки и вторичное образование стружки (рис. 2). В этой модели на процесс влияют несколько факторов, таких как свойства камня, силы между камнем и точками алмазов, состояние распределения напряжений в породе и температура на границе раздела камень-инструмент.

Автор также считает, что механическое взаимодействие между бетоном и инструментом является результатом сил, вызванных упругой и пластической деформацией обрабатываемого материала, режущими кромками и трением между обрабатываемым материалом и алмазными зёрнами, матрицей и стружкой (смесь обломков породы и охлаждающей жидкости).

Перед алмазным зерном тангенциальная сила изменяет напряженное состояние. На данную зону воздействуют растягивающие и сжимающие напряжения, и, как следствие, в

данной зоне возникают трещины. Данный механизм называется первичным сколообразованием.

В то время как обрабатываемый материал демонстрирует упругую характеристику вплоть до своего предельного напряжения, для резания необходимо достичь определенной минимальной толщины реза. Разрезаемый материал деформируется под действием сжимающего напряжения непосредственно под алмазной кромкой. Когда нагрузка снимается, упругий возврат приводит к критическим растягивающим напряжениям, которые вызывают хрупкое разрушение. Этот механизм называется вторичным стружкообразованием [7].

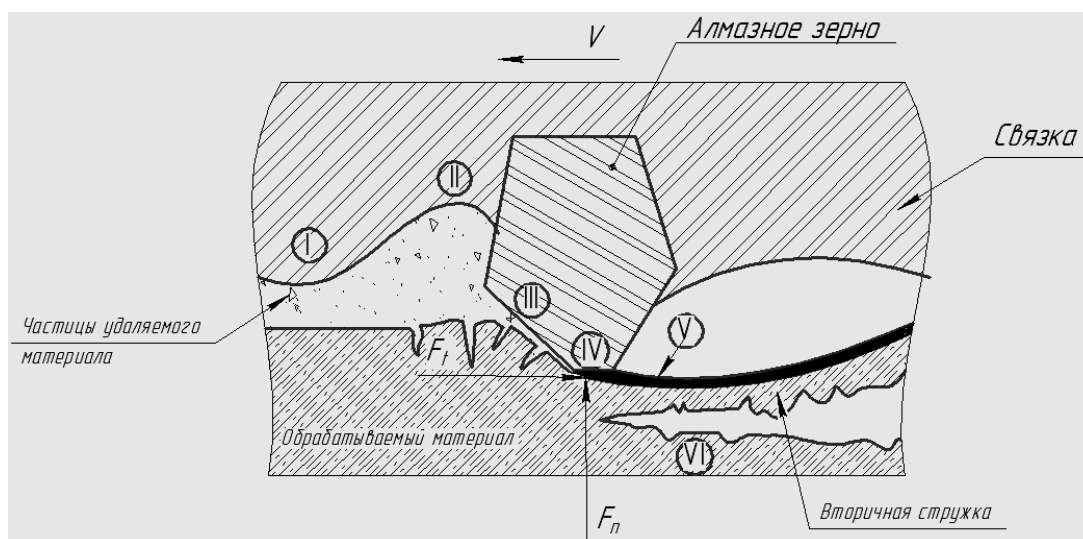


Рис. 2. Механическое взаимодействие между алмазной пилой и каменной заготовкой в процессе резки: 1 – зона трения стружки и связки; 2 – зона эрозии матрицы под воздействием стружки; 3 – зона первичного дробления; 4 – зона трения алмазного зерна и обрабатываемого материала; 5 – зона пластической деформации; 6 – зона эластической деформации. F_n – нормальная сила, действующая на зерно; F_t – тангенциальная сила; V_f – скорость подачи

В связи с переменным значением толщины срезаемого слоя за период контакта алмазного зерна с обрабатываемым бетоном и железобетоном возможен режим пластичного резания и хрупкого разрушения материала. При обработке хрупких материалов (значение толщины съема 0,1 мкм) наблюдается «квазипластичность» обрабатываемого материала. По данным автора [8], критическая толщина срезаемого слоя определяется выражением:

$$a = 0,15 \left(\frac{E}{HV} \right) \left(\frac{K_c}{HV} \right)^2$$

где E – модуль упругости обрабатываемого материала, Па; HV – твердость обрабатываемого материала, Па; K_c – коэффициент трещиностойкости, Па·м^{1/2}.

Алмазное зерно в процессе резания проходит стадии пластичного и хрупкого разрушения (рис. 3). В первом случае происходит пластичное деформирование в зоне резания, далее толщина удаляемого слоя увеличивается и процесс резания сменяется пластичным деформированием с образованием трещин (медианных и боковых) на поверхности обрабатываемого материала.

В первом случае возможно пластичное деформирование обрабатываемого материала в зоне резания. При увеличении толщины срезаемого слоя процесс пластического деформирования

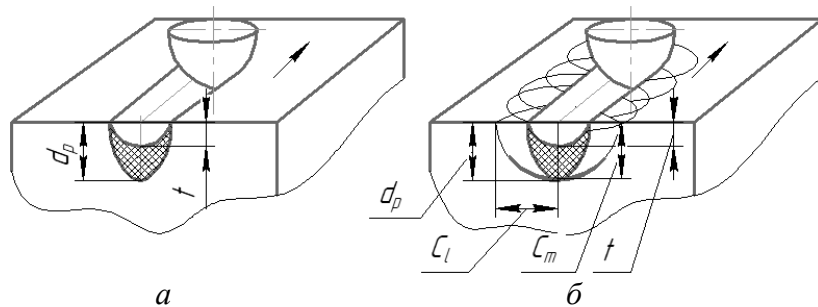


Рис. 3. Механизм пластичного (а) и хрупкого разрушения материала (б)

сменяется хрупким разрушением, при котором пластическое деформирование сопровождается образованием по линии резания боковых кольцевых трещин.

При резании материалов с пластичным

характером разрушения силы резания можно представить в виде:

$$F_{ip} = HVA_t + \mu HVA_t;$$

$$F_{np} = HVA_n + \mu HVA_n.$$

где F_{ip} – сила, действующая в направлении движения алмазного зерна; A_t – площадь сечения зерна (в направлении скорости резания); μ – коэффициент трения алмазного зерна об обрабатываемый материал; A_n – площадь сечения зерна; F_{np} – сила, действующая в направлении, перпендикулярном обрабатываемой детали.

В случае хрупкого разрушения силы резания можно представить в виде:

$$F_{if} = \sigma_m A_{mt} + \sigma_l A_{lt} + HVA_t + \mu HVA_t;$$

$$F_{nf} = \sigma_m A_{mn} + \sigma_l A_{ln} + HVA_n + \mu HVA_n;$$

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{2\gamma_s E}{\pi C_m}}; \sigma_l = \sqrt{\frac{2\gamma_s E}{\pi C_l}}$$

где F_{if} – сила, действующая по направлению движения алмазного зерна; F_{nf} – сила, действующая в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности; A_{mt} и A_{mn} – проекции площадей на плоскости, образованных медианными трещинами (в параллельных и перпендикулярных направлениях движения алмазного зерна); A_{lt} и A_{ln} – проекции площадей, образованных боковыми трещинами; σ_m и σ_l – напряжения в обрабатываемом материале, которые вызывают появление медианной и боковой трещин; γ_s – эффективная поверхностная энергия обрабатываемого материала; C_m и C_l – глубина медианной и боковой трещины.

Общую площадь поверхностей, образованных трещинами, можно описать выражением:

$$A_s \approx (4C_l + 2C_m) d_p$$

где d_p – глубина пластической деформации.

Существующие исследования противоречивы и направлены на создание возможности выполнения расчетов нагрузок, действующих на единичное алмазное зерно, с возможностью расчета производительности в зависимости от толщины удаляемого слоя.

Исследования процессов износа алмазных зерен при резании различных материалов отсутствуют. Для получения экспериментальных данных использовался стенд на базе модернизированного отрезного станка с *DeWalt D28700*, оснащенного системой управления частотой вращения диска и нагрузкой на алмазный отрезной круг. В качестве режущего инструмента использовались алмазные диски диаметром 350 мм, 18 сегментов с зернистостью

F40 (500–425 мкм). Частота вращения отрезного круга была выбрана постоянной – 4400 об/мин, что соответствует значению вращения в применяемых бензорезах.

Осуществлялось резание прямоугольных бетонных и железобетонных блоков, изготовленных из бетона марки М300. В железобетонных балках использовалась арматура (модель А500С, сталь ст3сп) диаметром 12 мм. Бетонные блоки представляли собой прямоугольные балки с размерами 150×500×200 мм (рис. 4). Образцы композиции материалов, входящих в состав входной двери, имели размеры 2×40×2 (металлический лист 2 мм, утеплитель 40 мм, металлический лист 2 мм). Длина реза равнялась 500 мм, глубина – 44 мм. Металлический лист изготовлен из стали 45, в качестве наполнителя использовался пенополиуретан.

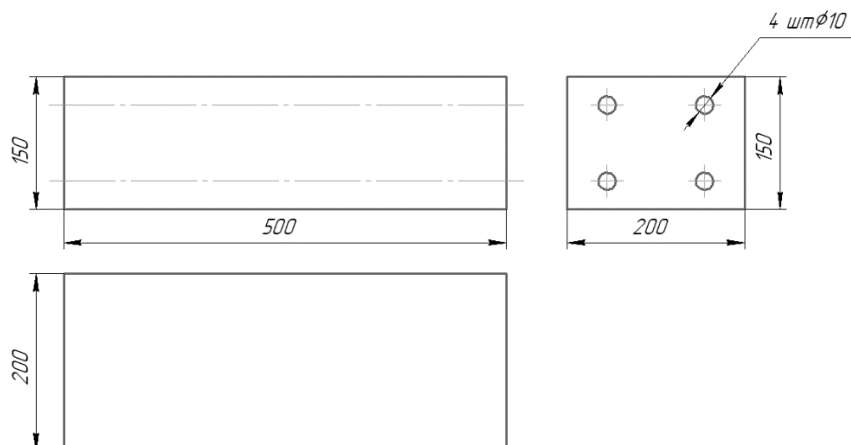


Рис. 4. Размеры бетонных блоков

В процессе испытаний изменялись значения нагрузки на режущий круг. Нагрузка варьировалась от 80 Н до 150 Н. Минимальная нагрузка составляла 80 Н, при меньшем значении резание не осуществляется. При нагрузке более 150 Н происходит «захлебывание» режущего инструмента.

Резание осуществлялось режущим кругом с установленной нагрузкой 5 раз. После каждого резания производилось вскрытие алмазного круга. Резание осуществлялось без охлаждения. Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1. Резание бетона

Нагрузка на алмазный круг, Н	Затраченное время, с				
	1	2	3	4	5
90	98	107	101	102	104
100	85	83	87	85	85
110	74	80	82	80	85
120	64	64	62	67	68
130	67	66	68	72	71
140	74	79	79	83	84

Таблица 2. Резание железобетона

Нагрузка на алмазный круг, Н	Затраченное время, с				
	1	2	3	4	5
90	148	134	139	144	136
100	131	134	128	139	140
110	107	121	109	114	115
120	94	99	93	102	99
130	72	74	79	80	77
140	105	97	99	91	109

Таблица 3. Резание композиции материалов, входящих в состав входной двери (размеры 2×40×2 (металлический лист 2 мм, утеплитель 40 мм, металлический лист 2 мм). Длина реза 500 мм, глубина 44 мм

Нагрузка на алмазный круг, Н	Затраченное время, с				
	1	2	3	4	5
90	124	148	149	169	186
100	119	127	134	146	153
110	112	17	128	132	149
120	91	96	103	122	141
130	79	97	106	112	128
140	82	94	102	108	113

При резании бетона и железобетона минимальное время затрачивается при нагрузке в 120–130 Н. Морфология периферийных поверхностей сегментов при резании бетона и железобетона практически не отличается (рис. 5 а, б). При резании бетона и железобетона наблюдается преимущественный износ связки, обнажение и выкрашивание кристаллов алмаза из связки. В таких условиях основным механизмом износа связки является абразивный износ. На поверхности связки наблюдаются царапины, ориентированные в направлении обработки (рис. 5 а, б).

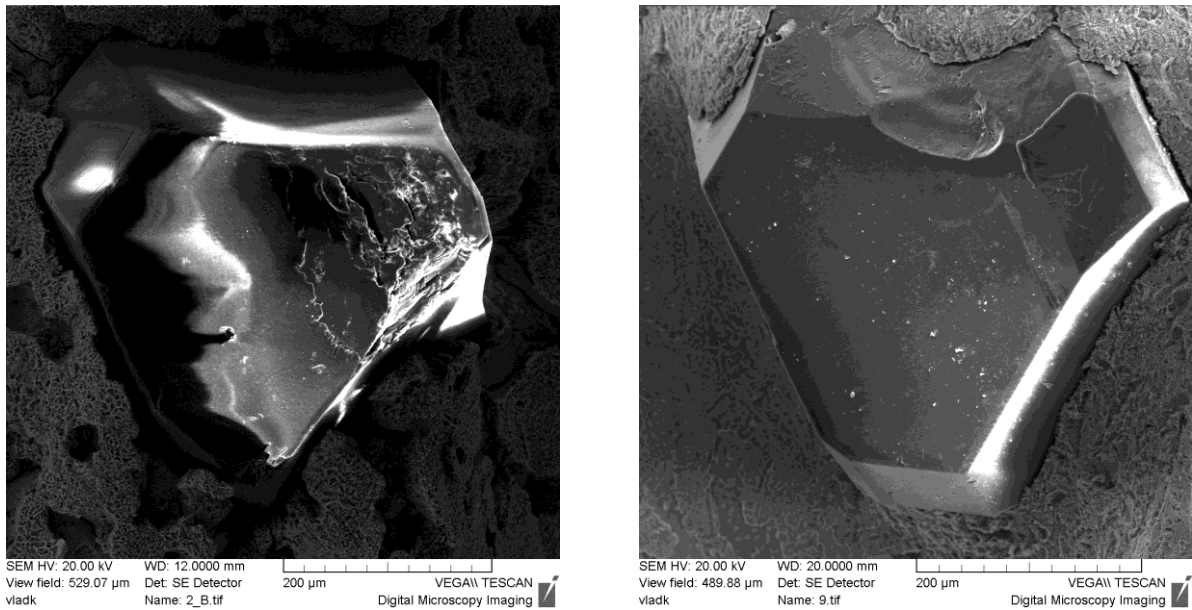


Рис. 5. Поверхность алмазных зерен алмазного круга после резания бетона и железобетона

Наличие округлых частиц износа, участков связки с гладкой поверхностью указывает на высокую температуру поверхности связки. С повышением температуры в зоне фрикционного контакта связки со ступком диспергированного бетона изменяется механизм ее износа: наряду с абразивным механизмом износ происходит также по механизму механического изнашивания.

Морфология поверхностей износа кристаллов алмаза указывает на динамический ударный характер их взаимодействия с бетоном.

При резании композиции материалов, входящих в состав входной двери, минимальное время затрачивается при нагрузке в 130–140 Н. Износ при алмазоабразивной обработке можно рассматривать, в том числе, как фрикционное контактное взаимодействие двух поверхностей, преобладающим механизмом которого является диспергирование поверхностного слоя на фрагменты единичными инструментами, и которое также имеет фрикционную составляющую. Вне зависимости от концентрации алмазных зерен в композиционном материале и от вида инструмента, на поверхностях износа стали, сформированных ими, присутствуют продукты износа округлой формы, часть которых морфологически связана с поверхностью (рис. 6). Форма продуктов износа показывает, что их образование происходит при температурах, близких к температуре плавления стали (как больших, так и меньших). Повышение температуры в зоне контактного взаимодействия меняет механические характеристики приповерхностного слоя стали: его твердость снижается, пластичность повышается. В процесс «резания» вступают и плоские вершины алмазных зерен: на это указывают значения режущей способности композиционного материала и морфология поверхности износа стали (рис. 6). Также на поверхности сегментов при незначительных нагрузках формируется пленка, снижающая эффективность процесса резания.

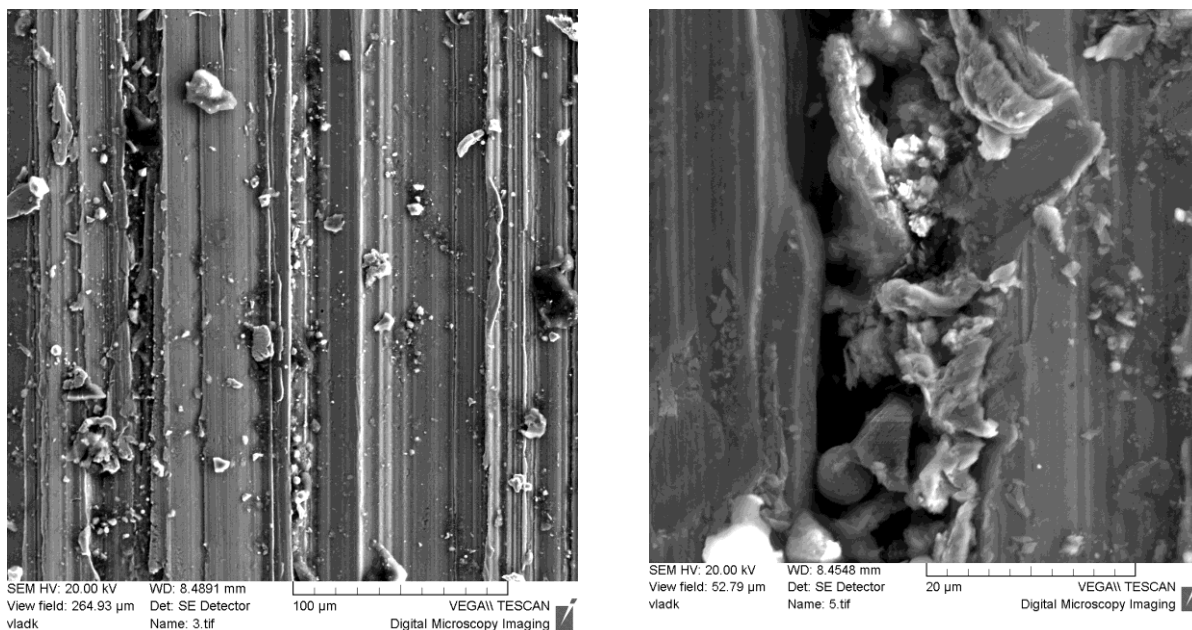


Рис. 6. Поверхність алмазних зерен алмазного круга після різання композиції матеріалів, входящих в состав входной двери

Выводы

Определены нагрузки на алмазный круг, обеспечивающие максимальную производительность при резании бетона, железобетона и композиции, входящей в состав входной двери (металлический лист 2 мм, утеплитель 40 мм, металлический лист 2 мм). Нагрузки, позволяющие эффективно производить резание материалов, находятся в диапазоне 120–140 Н. Исследование изнашивания алмазных зерен при равных нагрузках на алмазное зерно позволяет сделать выводы про кардинально отличные механизмы, происходящие в зоне резания. При резании бетона и железобетона изнашивание алмазных зерен аналогично. При резании композиции материалов, входящих в состав входных дверей, износ алмазных зерен происходит по специфическому механизму, который реализуется в условиях фрикционного взаимодействия с приповерхностным слоем стали, находящемся в жидком, вязком и пластичном состояниях.

В.С. Бабіч^{1,2}

¹Фізико-технічний інститут НАН Білорусі

²Університет цивільного захисту МНС Білорусі

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ АЛМАЗНИХ ЗЕРЕН ПРИ РІЗАННІ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено процеси різання бетону, залізобетону і композиції матеріалів. Розглянуто основні уявлення про процеси руйнування матеріалів при різанні алмазним відрізним кругом. Визначено навантаження на алмазний відрізний круг, що забезпечують максимальну продуктивність при різанні бетону, залізобетону і композиції, що входить до складу входних дверей. Досліджено механізми зношування алмазних зерен при рівних навантаженнях на алмазне зерно при різанні різних матеріалів, що дозволяють зробити висновки про кардинально відмінні механізми, що відбуваються в зоні різання.

Ключові слова: алмазне коло, поверхні зносу, різання бетону, різання композиції матеріалів.

V.E. Babich^{1,2}

¹*Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus*

²*University of Civil Defense Ministry of Emergencies of Belarus*

INVESTIGATION OF THE WEAR PROCESS OF DIAMOND GRAINS DURING CUTTING OF DIFFERENT MATERIALS

The processes of cutting concrete, reinforced concrete and composite materials are investigated. The basic concepts of materials destruction processes when cutting with a diamond cutting wheel are considered. Loads on the diamond cutting wheel, providing the maximum performance in cutting concrete, reinforced concrete and composite materials, are determined. The wear mechanisms of the diamond grains with the same loads on the diamond grains when cutting different materials are investigated, which allows to state about cardinal different mechanisms appearing in the cutting zone.

Key words: *diamond segment wheel, wear surfaces, concrete cutting, material composition cutting.*

Литература

1. Бабич В.Е. Профессиональная подготовка спасателя. – Минск: УГЗ, 2019. – 316 с.
2. Atici A., Ersoy A. Specific energy prediction for circular diamond saw in cutting different types of rocks using multivariable linear regression analysis // *Journal of Mining Science*. – 2005. – V. 41, N 3. – P. 240–260.
3. Altindag R. Assessment of some brittleness indexes in rock-drilling efficiency // *Rock Mechanics and Engineering*. – 2010. – V. 43. – P. 361–370.
4. Altindag R., Denkhaus H.G. Brittleness and drillability: Comment on «The evaluation of rock brittleness concept on rotary blast hole drills» and «Correlation of specific energy with rock brittleness concepts on rock cutting» // *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. – 2003. – V. 103, N 8. – P. 523–524.
5. Nishimatsu Y. The mechanics of rock cutting // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. – 1972. – V. 9, N 2. – P. 261–270.
6. Dagrain F., Richard T., Germy C. The Rock Strength Device : Ascratching apparatus to determine rock properties // *Proceedings of the 7th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics (NCTAM 2006), May 29–30, 2006. Faculte Polytechnique de Mons*. – Mons, Belgium.
7. Tonshoff H.K., Hillmann-Apmann H., Asche J. Diamond tools in stone and civil engineering: cutting principles, wear and applications // *Diamond and Related Materials*. – 2002. – V. 11, N 3-6. – P. 736–741.
8. Bifano T.G., Dow T.A., Scattergood R.O. Ductile-regime Grinding: a new technology for machining brittle materials // *Journal of engineering for industry*. – 1991. – V. 113, N 2. – P. 184–189.

Поступила 24.06.21

References

1. Babich, V.E. (2019). *Professionalnaia podhotovka spasatelha [Rescuer training]*. Minsk: UGZ (in Russian).
2. Atici, A., & Ersoy, A. (2005). Specific energy prediction for circular diamond saw in cutting different types of rocks using multivariable linear regression analysis. *Journal of Mining Science*, 41, 3, 240–260.
3. Altindag, R. (2010). Assessment of some brittleness indexes in rock-drilling efficiency. *Rock Mechanics and Engineering*, 43, 361–370.

4. Altindag, R & Denkhaus, H.G. (2003). Brittleness and drillability: Comment on «The evaluation of rock brittleness concept on rotary blast hole drills» and «Correlation of specific energy with rock brittleness concepts on rock cutting». *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 103, 8, 523–524.
5. Nishimatsu, Y. (1972). The mechanics of rock cutting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts.*, 9, 2, 261–270.
6. Dagrain, F., Richard, T., & Germain, C. (2006). The Rock Strength Device: Ascratching apparatus to determine rock properties. *Proceedings of NCTAM'06: 7th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics (May 29–30, 2006)*. Faculte Polytechnique de Mons, Mons, Belgium.
7. Tonshoff, H.K., Hillmann-Apmann, H., & Asche, J. (2002). Diamond tools in stone and civil engineering: cutting principles, wear and applications. *Diamond and Related Materials*, 11, 736–741.
8. Bifano, T.G., Dow, T.A., & Scattergood, R.O. (1991). Ductile-regime Grinding: a new technology for machining brittle materials. *Journal of engineering for industry*, 113, 2, 184–189.

УДК 621.371

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-417-424

Ю.Д. Філатов¹, В.І. Сидорко¹, А.Ю. Бояринцев², доктори технічних наук,
С.В. Ковальов¹, В.Г. Кулич¹, В.А. Ковальов³, О.Я. Юрчишин³, кандидати технічних наук;
В.В. Гаращенко¹, канд. фіз.-мат. наук

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська 2, 04074 м. Київ, e-mail: filatov@ism.kiev.ua

²Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, пр. Науки 60, 61072 м. Харків,
e-mail: boyarintsev@isma.kharkov.ua

³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», пр. Перемоги 37, 03056 м. Київ, e-mail: urchyshynoks@ukr.net

ПЕРЕНОСЕННЯ ЕНЕРГІЇ МІЖ ОБРОБЛЮВАНОЮ ОПТИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ТА ДИСПЕРСНОЮ СИСТЕМОЮ ПРИ ПОЛІРУВАННІ

Метою даного дослідження є вивчення закономірностей перенесення енергії між оброблюваною поверхнею та дисперсною системою та її впливу на показники полірування оптичних поверхонь. На основі кластерної моделі полірування показано, що видалення оброблюваного матеріалу відбувається внаслідок міжмолекулярної взаємодії між оброблюваною поверхнею і полірувальною дисперсною системою. Інтенсивність видалення матеріалу з оброблюваної поверхні залежить від режимних і кінематичних параметрів процесу полірування, реологічних властивостей дисперсної системи, а також електричних та оптичних характеристик оброблюваного матеріалу та дисперсної системи. При взаємодії частинок полірувального порошку з оброблюваним матеріалом під час полірування на їх поверхнях збуджуються кластери за рахунок коливальної енергії збуджених кластерів контртіла, тобто відбувається перенесення енергії від дисперсної системи до оброблюваної поверхні та в зворотному напрямку, від оброблюваної поверхні до частинок дисперсної фази полірувальної дисперсної системи. В результаті досліджень встановлено, що при обмінній взаємодії між оброблюваною поверхнею та дисперсною системою резонансне перенесення енергії відбувається за ферстеровським механізмом і суттєво залежить від співвідношення частот коливань молекулярних фрагментів кластерів на їх поверхнях. Показано, що при зменшенні цих співвідношень збільшуються розміри частинок шламу та частинок зносу та зменшується енергія, яка необхідна для їх утворення, внаслідок чого підвищуються продуктивність полірування та інтенсивність зношення полірувального порошку. Результати дослідження доцільно