

$$k_3 = 0,052\Delta P_{\text{ex}}^2 - 0,276\Delta P_{\text{ex}} + 0,994.$$

Выводы. Разработана методика определения коэффициента затухания УВВ по избыточному давлению, при ее распространении через сопряжения каналов, в численном эксперименте. Методика позволяет выделить влияние только сопряжения и нивелировать влияние других факторов на степень ослабления волны. По результатам численного эксперимента показана динамика ударно-волновой картины в области сопряжения выработок. Однозначно установлены значения k_3 в зависимости от давления во фронте ударной волны.

Автор выражает благодарность д.т.н., проф. Поздееву С.В. за предоставленное для исследований лицензионное APM FlowVision 2.5.4 на базе Черкасского института пожарной безопасности им. Героев Чернобыля

Список литературы

1. Греков, С.П. Расчет коэффициентов затухания воздушных ударных волн в горных выработках шахт [Текст] / С.П. Греков, И.Н. Зинченко// Горноспасательное дело.– 2012.– Вып. 49.– С. 10-14;
2. СНиП 2.01.54-84 Защитные сооружения гражданской обороны в подземных горных выработках [Текст]/ Минземстрой России — М.: ГУП ЦПП, 1998. — 20 с.
3. Агеев, В.Г. Расчет параметров воздушных ударных волн в сети горных выработок [Текст] / В.Г. Агеев // Горноспасательное дело.– 2014.– Вып. 51.– С. 7-15;
4. Палеев, Д.Ю. Ударные волны при взрывах в угольных шахтах. Библиотека горного инженера. Т. 6. Промышленная безопасность [Текст] / Д.Ю. Палеев, В.Н. Костеренко, И.М. Васенин.– М.: Издательство «Горное дело»; ООО «Киммерийский центр», 2011.– 312 с.
5. Аксенов, А.А. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision [Текст]/ А.А. Аксенов, В.И. Похилко, А.А. Дядькин, А. Сельвачев. – Москва: ООО “ТЕСИС”, 2007. – 265 с.

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД С РАЗЛИЧНЫМИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А.М. Исонкин, Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины

Приведены результаты склерометрирования алмазным индентором горных пород с различными упруго-пластическими характеристиками и минералогическим составом, свидетельствующие о том, что образование микротрещин и изменение их параметров происходит циклически с различным периодом и усилием резания. С увеличением углубления за оборот повышению интенсивности изнашивания алмазной буровой коронки при интенсификации бурения горных пород с различными физико-механическими свойствами соответствует увеличение амплитуды виброакустического сигнала.

Научно обоснованные разработки конструкций алмазных коронок, вопросы их выбора применительно к конкретным геолого-техническим условиям и установление рациональных параметров режима бурения должны опираться на закономерности разрушения горных пород единичными алмазами с учетом специфики их работы в коронке.

Большинство исследователей рассматривает процесс разрушения горной породы как результат совместного воздействия на алмазные зерна осевой нагрузки и окружного усилия. Под действием осевой нагрузки алмазные зерна внедряются в породу на некоторую глубину и одновременно под действием окружного усилия разрушают породу [1].

В результате исследований механизма разрушения единичным алмазом природного камня установлено [2], что при незначительных нагрузках на поверхности камня в результате пластической деформации образуются гладкие вдавленные борозды глубиной до 1 мкм. При

увеличении нагрузки на алмаз на поверхности камня образуются борозды с закономерной структурой, состоящие из регулярно повторяющихся углублений («выколов») и микротрещин (дефектного слоя), образованных в результате хрупкого разрушения.

В процессе алмазного бурения скважин наряду с отделением от горного массива продуктов разрушения в призабойном пространстве формируется специфический по структурно-механическим характеристикам слой породы, ослабленный системой микротрещин, называемый зоной предразрушения. Роль трещин при разрушении твердых пород существенна, поскольку при приложении внешней нагрузки в поликристаллическом агрегате напряжение распределяется неравномерно, концентрируясь на границах ослабленных мест. После приложения нагрузки зародышевые трещины сразу начинают развиваться. В зависимости от степени структурного ослабления прочность пород снижается в несколько раз [3, 4].

Максимальная эффективность режущего действия алмазов достигается при такой интенсивности разрушения ими горных пород (углубления коронки за один оборот), которая обеспечивает равномерное обнажение алмазов в процессе разрушения породы при сохранении их оптимального выступания над телом матрицы.

С превышением оптимального углубления коронки за один оборот при относительно небольшом увеличении объема разрушенной породы концентрация шлама в призабойной зоне превышает предельно допустимое значение. Нормальный режим бурения переходит в критический, которому характерно резкое повышение потребляемой мощности и температуры на рабочем торце, приводящее к интенсификации теплофизических процессов и катастрофическому износу инструмента [5]. Связано это с тем, что из-за терморазупрочнения материал матрицы утрачивает прочностные свойства и быстро изнашивается, а большая часть алмазов преждевременно выпадает, не выполнив функции породоразрушающих элементов.

В последнее время бурно развивается метод виброакустической диагностики, сущность которого основана на анализе изменения характеристик виброакустических сигналов работающего механизма. Изменение вибрационных процессов при изменении состояния контактирующих поверхностей при истирании (абразивном изнашивании) контактирующих поверхностей, в том числе рабочей поверхности алмазной буровой коронки и забоя скважины, сопровождается изменением их микро- и макрогеометрии, вследствие чего усиливаются колебания различной частоты и увеличивается амплитуда гармонического ряда основной частоты [6–9].

С учетом изложенного цель настоящего исследования – детализировать характер разрушения алмазами горных пород с различными упруго-пластическими характеристиками с сопоставлением амплитуды виброакустического сигнала интенсивности изнашивания алмазной буровой коронки.

Методика исследований

Для изучения взаимодействия единичного алмаза с горной породой выбрали образцы мрамора, габбро, гранита и оптического стекла, так как они охватывают основной диапазон категорий буримости горных пород при бурении алмазными буровыми коронками. Выбранные образцы имеют различные упруго-пластические характеристики, что позволяет проследить их влияние на процесс разрушения большого разнообразия горных пород.

Исследования проводили на приборе для склерометрических исследований в соответствии с методикой, приведенной в работе [10] при участии М.М.Потемкина. Вертикальная нагрузка P_y на индентор была в диапазоне 1–7 Н, чувствительность измерительного тракта прибора составляла 80 мВ при скорости движения диаграммной ленты 2 мм/с. Выбранный диапазон нагружения определяли для каждого образца породы отдельно, исключая превышение динамического диапазона системы регистрации тангенциального усилия P_z . В качестве индентора использовали кристалл природного алмаза зернистостью 800/630 мкм, закрепленный в специальной державке.

Исследования проводили при двух видах контактирования: индентор движется по поверхности полированного образца; индентор многократно движется по собственному следу. Изучали царапины, образованные при одном и четырех проходах индентора по одной трассе.

Такой подход к изучению процесса разрушения горной породы позволяет оценить специфику изменения силовых параметров при прохождении алмазного зерна по предразрушенному слою по сравнению с исходными свойствами материала.

В процессе склерометрирования оценивали среднее максимальное тангенциальное усилие на инденторе P_z . В процессе анализа оценивали ширину образованной царапины, характер и степень повреждаемости, а также особенности деформирования, отраженные на фотографиях.

Виброакустические сигналы измеряли непосредственно в процессе бурения при исследовании износостойкости коронок при различных режимных параметрах.

Система регистрации виброакустических сигналов в процессе бурения, разработанная Девиным Л.Н., состояла из датчика виброакустических колебаний, предусилителя с низким уровнем собственных шумов, анализатора спектра СК4-56, самописца Н338-1П и цифрового вольтметра В7-27А. В качестве датчика использовали высокочастотный акселерометр АВС016-02 с рабочим частотным диапазоном от 20 Гц до 20 кГц. Анализатор спектра СК4-56 позволял регистрировать исследуемый сигнал в диапазоне частот 10 Гц – 60 кГц. В каждом эксперименте определяли уровень виброакустического сигнала на холостом ходу и далее через каждые 5 см проходки. Последнее измерение проводили за 2 см до окончания бурения.

Бурение коростышевского гранита X категории буримости производили буровыми коронками типа БС01 диаметром 59 мм, оснащенными синтетическими алмазами АС125 250/200 при углублении за оборот 63, 80, 100 и 125 мкм и скорости вращения 800 мин^{-1} в соответствии с методикой, приведенной в [10].

Исследовали износ коронок при бурении гранита, габбро и песчаника. Интенсивность изнашивания коронок оценивали как отношение линейного износа рабочего алмазосного слоя по высоте к проходке на коронку.

Результаты исследований и их обсуждение

К особенностям царапин, образовавшихся на поверхности всех образцов, можно отнести то, что микротрещины в них расположены волнами перпендикулярно к направлению царапания. С повышением нагрузки амплитуда волн уменьшается, царапина обретает четкие границы, в которых макротрещины под прямым углом пересекают канавку во всю ширину.

Царапина на поверхности мрамора формируется специфически (рис.1). При малой нагрузке на алмаз царапина состоит из отдельных следов отделения материала, причем различных размеров, расположенных как по оси, так и под углом к ней.

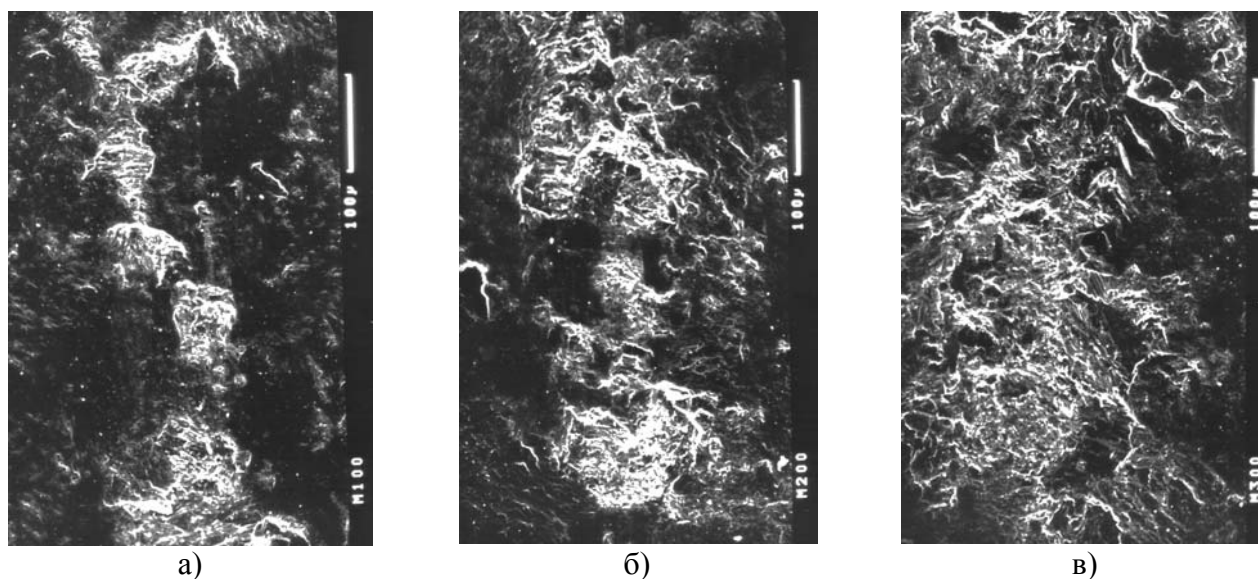


Рис. 1. Характерный вид деформирования мрамора при нагрузке на алмаз: а–1Н; б–2Н; в–3Н

При дальнейшем повышении нагрузки края царапины приобретают прерывистые границы. Однако поверхность царапины не содержит ярко выраженных следов микротрещин и четко направленных сколов. В большей степени она похожа на следы пластического деформирования, характерного для вязкого разрушения.

Характерный вид царапин при деформировании габбро показан на рис.2. Особенность царапин на поверхности габбро состоит в ярко выраженной блочной структуре, которая проявляется при более высоких нагрузках.

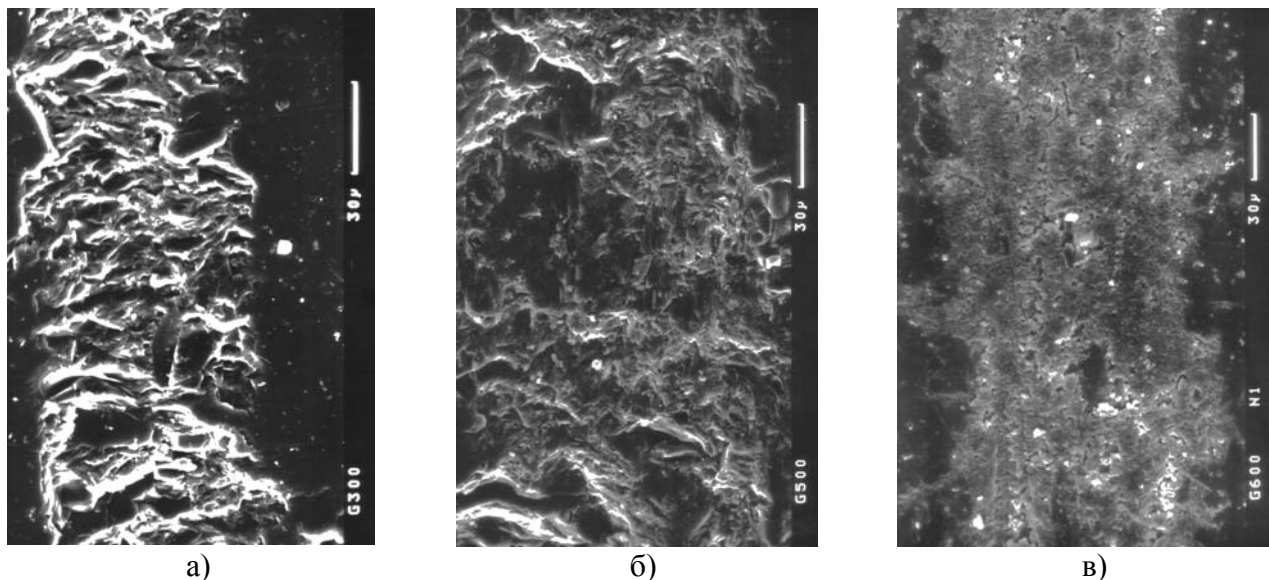


Рис. 2. Характерный вид деформирования габбро при нагрузке на алмаз: а–3Н; б–5Н; в–6Н

При минимальном усилии на инденторе царапина имеет прерывистую форму со следами разрушения, не имеющими ярко выраженного направления. С повышением нагрузки царапина обретает четкие границы, в которых следы разрушения ориентированы перпендикулярно к направлению царапания. При дальнейшем повышении нагрузки след индентора пересекается четко выраженной системой трещин, причем материал разрушается мелкими блоками, границы которых идут по трещинам и слоям.

При царапании гранита (рис.3) характерно, что при малой нагрузке на индентор царапина имеет четко выраженные границы со следами разрушения, ориентированными перпендикулярно к направлению царапания.

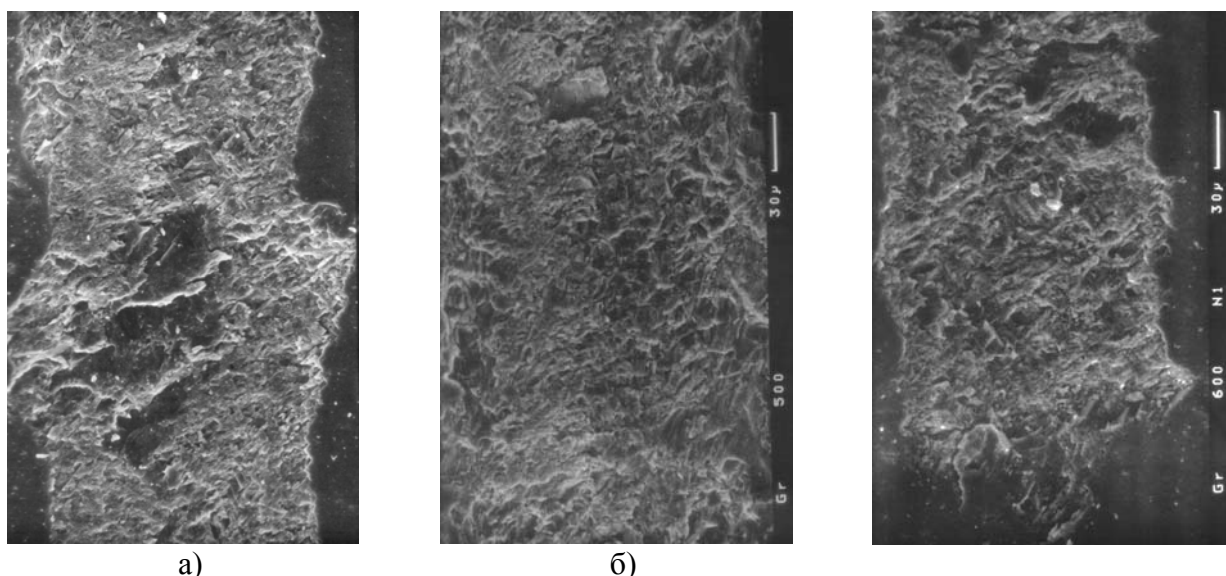


Рис. 3. Характерный вид деформирования гранита при нагрузке на алмаз: а–3Н; б–5Н; в–6Н

С повышением нагрузки царапина обретает форму последовательности каплевидных участков. Это свидетельствует о том, что материал перед индентором разрушается скачками, причем после достижения порогового усилия отделяется сразу большой объем материала, по размерам выходящий за контур царапины. При увеличении нагрузки происходит переход от мелкодисперсной структуры поверхности царапины к следам удаления больших по объему частиц материала. Следует отметить, что речь идет о преимущественных процессах.

При дальнейшем увеличении нагрузки более четкие границы царапины восстанавливаются и происходит переход от следов мелкозернистого разрушения к более крупным частицам, что выражается в формировании довольно гладких и протяженных плоскостей отделения материала.

Рассматривая результаты анализа изображений царапин, образованных на поверхности стекла, необходимо отметить, что они имеют особенности, характерные только этому материалу (рис.4). Это выражается в наличии микротрещин, располагающихся волнами перпендикулярно к направлению царапания. С увеличением нагрузки амплитуда волны уменьшается и приближается к прямой явно выраженной трещине, уходящей вглубь материала образца. Это свидетельствует о формировании предразрушенного слоя. Степень разрушения стекла охарактеризовать довольно сложно, поскольку при увеличении нагрузки до 6 Н количество волн микротрещин увеличивается, но они остаются относительно небольшого размера. При нагрузке 7 Н количество волн уменьшается, но образуются макротрещины, пересекающие под прямым углом всю ширину канавки.

Из анализа данных (рис. 5) следует, что в исследуемом диапазоне нагрузок тангенциальное усилие на инденторе повышается практически линейно и можно утверждать, что механизм разрушения горной породы для них существенно не изменяется.

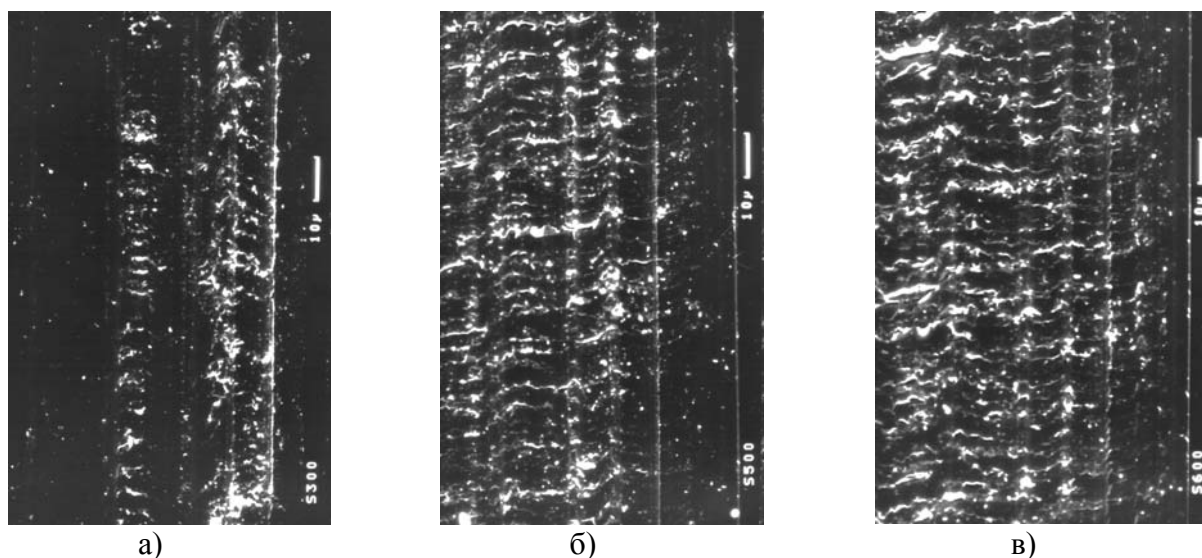


Рис. 4 Характерный вид деформирования стекла при нагрузке на алмаз: а–3 Н; б–5 Н; в–6 Н

Для гранита с повышением до некоторого уровня вертикальной нагрузки на инденторе степень неоднородности поверхностного слоя образца, подвергнутого деформированию, также повышается. Если материал структурно неоднороден и деформируемый объем может включать один из структурных элементов, поверхность разрушается фрагментарно в соответствии с различными структурными составляющими материала с широким диапазоном прочностных свойств. С увеличением деформируемого объема в него попадает несколько структурных составляющих, а разрушение идет более крупными блоками, прочностные свойства которых являются промежуточными за счет наличия в каждом из них нескольких структурных минеральных элементов. Это подтверждают данные о ширине царапины, полученные при различной нагрузке на инденторе (табл. 1).

Рассматривая особенности разрушения горных пород при многократном прохождении

индентора по одной трассе, отметим, что однородность структуры материала усиливается с уменьшением размеров отдельных блоков. На таком хрупком материале, как габбро, видна зона предразрушения в виде сетки трещин и вырывов материала (рис. 6). Для гранита эта тенденция также прослеживается (рис. 7), а на мраморе ее не выявлено.

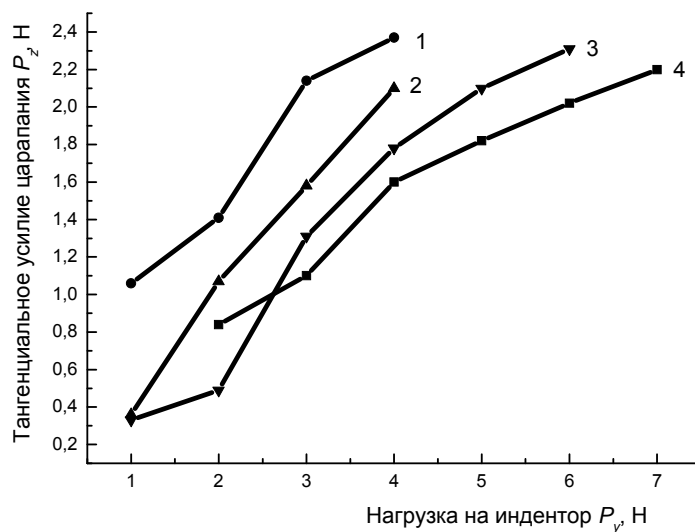
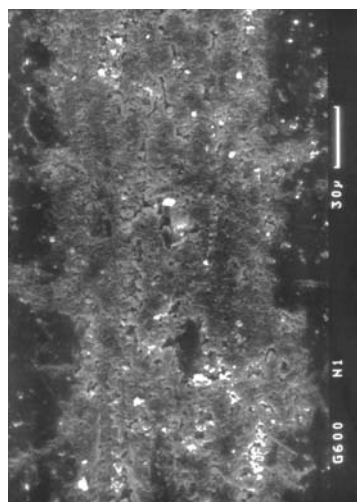


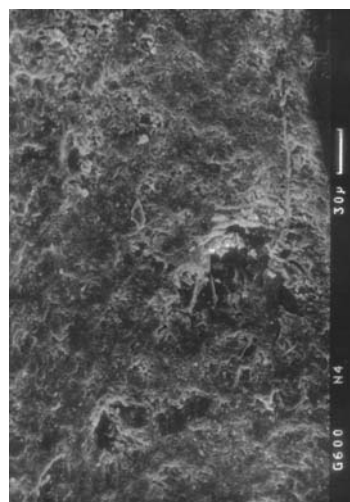
Рис. 5. Изменение тангенциального усилия царапания в зависимости от вертикальной нагрузки на алмаз: 1–мрамор, 2–габбро, 3–гранит, 4– стекло

Таблица 1. Средняя ширина царапины в зависимости от нагрузки при одном проходе алмаза

№ п/п	Образец	Средняя ширина царапины при нагрузке в Н, мкм						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Стекло	–	–	12,5	42,5	67,5	75,0	87,5
2	Мрамор	125	187,5	312,5	–	–	–	–
3	Габбро	64,3	85,7	107,1	150,0	228,0	310,0	–
4	Гранит	–	120,0	150,0	180,0	210,0	270,0	–



а)



б)

Рис. 6. Характерный вид деформирования габбро: а – при одном проходе алмаза; б – при четырех проходах алмаза

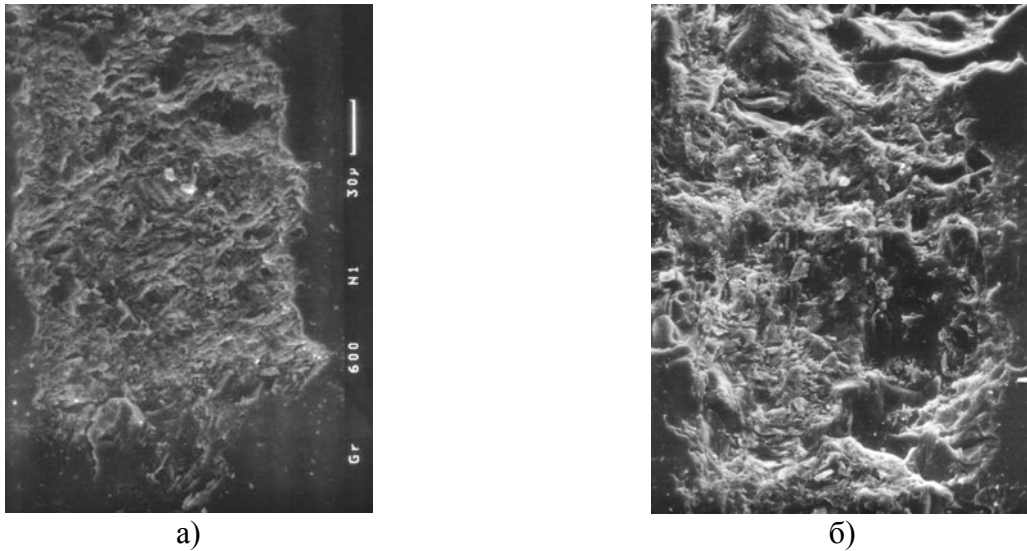


Рис. 7. Характерный вид деформирования гранита:
а – при одном проходе алмаза; б – при четырех проходах алмаза

Графики изменения характеристик царапания, полученных при многократном прохождении индентора по одному следу различных материалов, показаны рис. 8–10. Результаты анализа данных, полученных при многократном прохождении индентора по одному следу, свидетельствуют, что исследуемые образцы существенно различаются реакцией на повторное деформирование по трассе царапания.

В мраморе (рис. 8) при первом проходе создается предразрушенный слой, который удаляется во время второго прохода при меньшем тангенциальном усилии. После удаления разрушенного слоя прочность материала повышается до первоначальной величины, и процесс повторяется циклически.

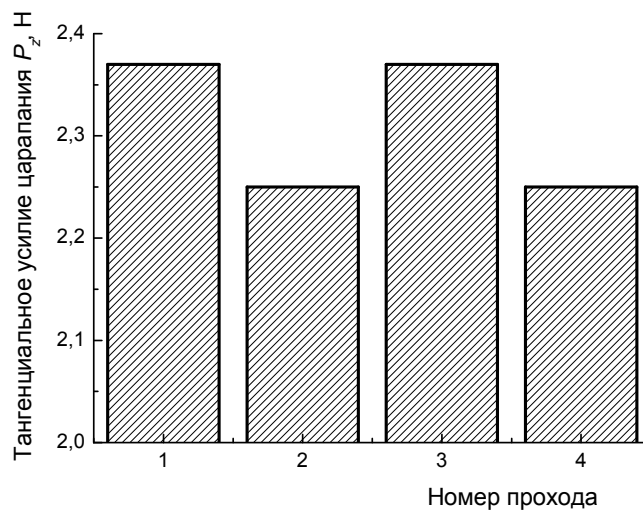


Рис. 8. Тангенциальное усилие царапания мрамора при нагрузке 3 Н при различном количестве проходов по следу царапания

При царапании габбро после первого прохода происходит упрочнение деформируемого объема, для разрушения которого на втором проходе необходимо приложить большее усилие. Однако создаваемая при втором проходе зона предразрушения существенно увеличивается и удаляется на третьем и четвертом проходах при меньшей нагрузке (рис. 9).

На граните обширная зона предразрушения образуется только после двух проходов. На третьем проходе эта зона удаляется и прочность породы восстанавливается почти до первоначального значения (рис. 10).

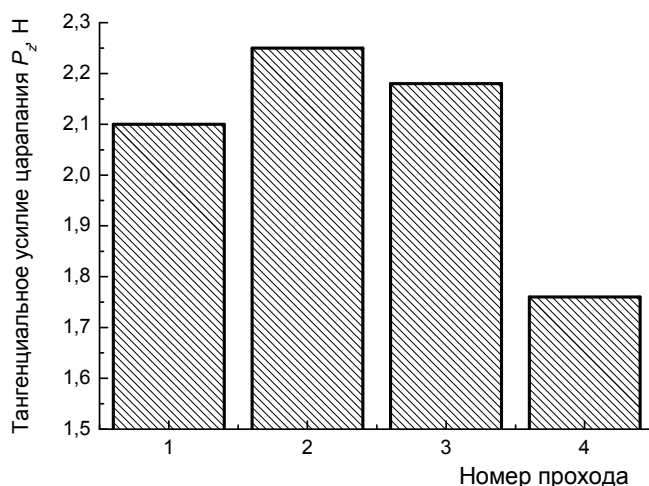


Рис. 9. Тангенциальное усилие царапания габбро при нагрузке 4 Н при различном количестве проходов по следу царапания

В целом необходимо отметить, что при повторных проходах наблюдается цикличное изменение уровня нагрузок, необходимое для разрушения горной породы. При этом средняя ширина царапины для всех горных пород существенно увеличивается (табл. 2).

Общим для всех исследованных пород можно считать то, что при минимальном усилии на инденторе царапина имеет прерывистую форму со следами разрушения без ярко выраженного направления. Дальнейшее повышение усилия на инденторе приводит к тому, что след царапания пересекается четко выраженной системой трещин, причем горная порода разрушается мелкими блоками, границы которых идут по трещинам.

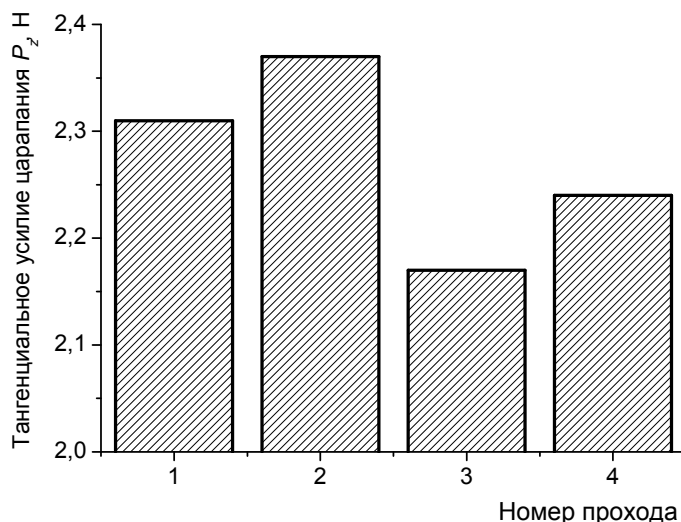


Рис. 10. Тангенциальное усилие царапания гранита при нагрузке 6 Н при различном количестве проходов по следу царапания

С увеличением нагрузки царапина приобретает специфическую форму, представляющую собой последовательность каплеобразных участков. Это свидетельствует о том, что разрушение горной породы перед индентором происходит скачкообразно. При достижении порогового тангенциального усилия отделяется сразу достаточно большой объем породы, размеры которого выходят за пределы контура канавки.

Изложенное еще раз подтверждает тот факт, что горные породы с различными физико-механическими свойствами и минералогическим составом по-разному реагируют на

повторное прохождение индентора по одному и тому же следу деформирования.

Таблица 2. Средняя ширина царапины при различном количестве проходов

№ п/п	Образец	Нагрузка, Н	Средняя ширина царапины, мкм	
			при одном проходе	при четырех проходах
1	Мрамор	3	312	437
2	Габбро	4	150	262
3	Гранит	6	270	314

Образующийся при разрушении горной породы единичным алмазом предразрушенный дефектный слой образуется циклически с различным периодом для разных горных пород и способствует изменению силовых характеристик процесса их разрушения.

При различном уровне нагружения, обусловленным разным углублением за оборот, алмазные зерна на рабочем торце коронки работают при значительных циклических нагрузках. Подтверждением этого может служить изменение амплитуды виброакустического сигнала, являющейся, на наш взгляд, характеристикой силового и частотного взаимодействия алмазов с горной породой, а также интенсивности изнашивания буровых коронок (рис.11, 12).

Данные рис. 11, 12 получены при установившемся режиме работы коронок, т. е. после бурения не менее 15 см породы и стабилизации уровня сигнала. Виброакустический сигнал измеряли на характерной частоте 14,8 кГц.

Малому линейному износу соответствует минимальный уровень виброакустического сигнала, изменение которого до определенного уровня износа незначительно.

Амплитуда виброакустического сигнала всех исследованных типов горных пород возрастает с увеличением углубления за оборот и интенсивности изнашивания.

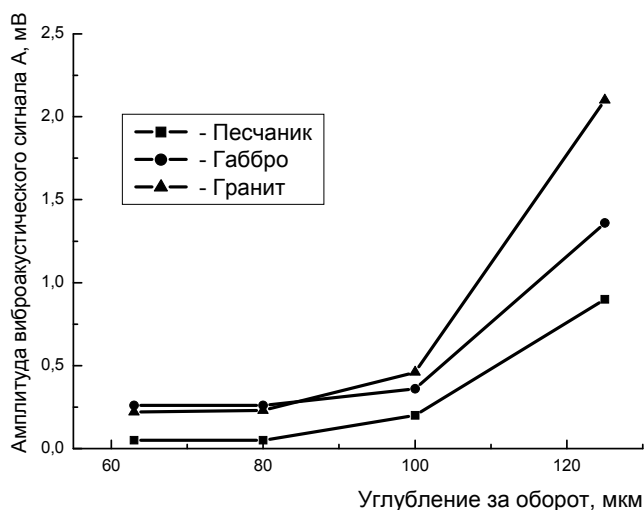


Рис. 11. Амплитуда виброакустического сигнала в зависимости от углубления за оборот при скорости вращения коронки 800 мин^{-1}

Из данных рис. 11 следует, что для всех исследуемых пород с увеличением углубления коронки за оборот интенсивность изнашивания буровых коронок повышается. При этом необходимо отметить, что при углублении коронки за оборот в диапазоне 60 – 100 мкм интенсивность изнашивания существенно повышается для более абразивной (песчаник) и твердой (гранит) пород.

Результаты сопоставления и анализа данных рис. 11 и 12 свидетельствуют об их взаимозависимости. Выражена она в том, что увеличение амплитуды виброакустического сигнала соответствует повышению интенсивности изнашивания коронки при

интенсификации бурения. Наиболее отчетливо это наблюдали с повышением углубления коронки за оборот со 100 до 125 мкм с переходом нормального режима бурения в критический. Резкое повышение интенсивности изнашивания коронок при разрушении всех исследуемых пород вызывало аналогичное увеличение амплитуды виброакустического сигнала. Такое повышение интенсивности изнашивания коронок при разрушении песчаника с 0,65 до 1,98 мм/м, т. е. в 3 раза, привело к увеличению амплитуды виброакустического сигнала с 0,2 до 0,9 мВ, т. е. в 4,5 раза. При разрушении габбро повышение интенсивности изнашивания коронок с 0,5 до 1,7 мм/м, т. е. в 3,4 раза, привело к увеличению амплитуды виброакустического сигнала с 0,36 до 1,36 мВ, т. е. в 3,8 раза. При разрушении гранита повышение интенсивности изнашивания коронок с 0,9 до 2,8 мм/м, т. е. в 3,1 раза, привело к увеличению амплитуды виброакустического сигнала с 0,56 до 2,1 мВ, т. е. в 3,8 раза.

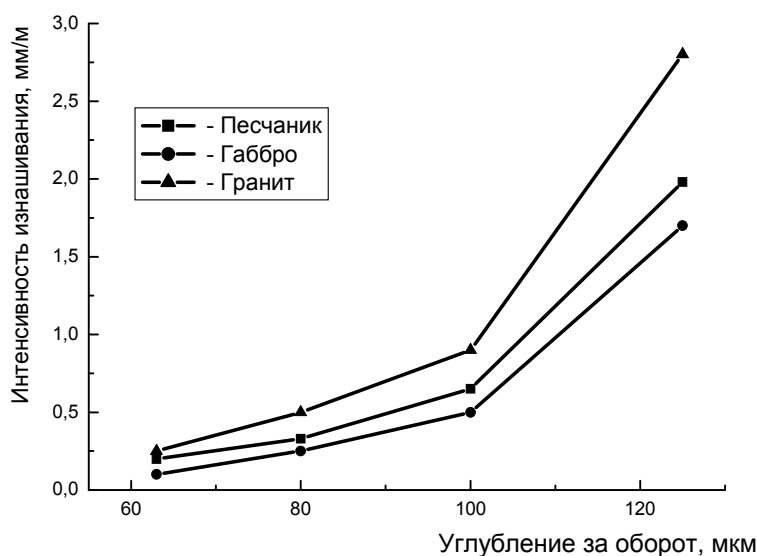


Рис. 12. Кривые интенсивности изнашивания в зависимости от углубления за оборот при скорости вращения коронки 800 мин^{-1}

Выводы

Горные породы с различными физико-механическими свойствами и минералогическим составом по-разному реагируют на повторное прохождение индентора по одному и тому же следу деформирования. Образующийся при разрушении горной породы единичным алмазом предразрушенный дефектный слой образуется циклически с различным периодом для разных горных пород и способствует изменению силовых характеристик процесса их разрушения.

При различном уровне нагружения, обусловленным разным углублением за оборот, алмазные зерна на рабочем торце коронки работают при значительных циклических нагрузках, что подтверждается изменением амплитуды виброакустического сигнала как характеристики силового и частотного взаимодействия алмазов с горной породой, а также интенсивности изнашивания буровых коронок. Низкая амплитуда виброакустического сигнала при большом углублении коронки за оборот свидетельствует о низкой интенсивности изнашивания инструмента и эффективном разрушении им горной породы.

Литература

1. Алмазосберегающая технология бурения / Блинов Г.А., Васильев В.И., Глазов М.Г. и др. – Л.: Недра, 1989. – 184 с.
2. Дубинин П.И. Повышение производительности круглого шлифования изделий из природного камня на основе обоснования энергосберегающих режимов хрупкого разрушения // Автореф. дис. ... канд. техн. наук по спец. 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». – М.: МГГУ, 2010. – 26 с.

3. Арцимович Г.В. Механофизические основы создания породоразрушающего бурового инструмента. – Новосибирск: Наука, 1985. – 265 с.
4. Спивак А.И., Попов А.Н. Разрушение горных пород при бурении скважин. – М.: Недра, 1986. – 208 с.
5. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В.Н. Бакуля. – К.: Наук. думка, 1978. – 232 с.
6. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 282 с.
7. Виброиспытания и металлофизическое исследование структуры материала при вибрационном нагружении / И.Н. Овчинников, М.А. Бомер, Л.М. Рыбакова и др. // Вестн. машиностроения. 2003. – № 4. – с. 29–36.
8. Вибрации энергетических машин: Справоч. пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н.В. Григорьева. – Л.: Машиностроение, 1974. – 464 с.
9. Нагорный В.М., Черевко А.А. Увеличение глубины вибродиагностирования на основе учета физических причин отказа машины // Вісн. Сум. держ. ун-ту. Сер. Технічні науки. 2004. – № 2(61). – с. 144–151.
10. Зыбинский П.В. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / Зыбинский П.В., Богданов Р.К., Загора А.П., Исонкин А.М. – Донецк: Норд-Пресс, 2007, – 244 с.

МЕТОД РАСЧЕТА ОПОРНОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЧАСТЬ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

*Д.Л. Васильев, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины
А. А. Ангеловский, И. Ф. Чугунков, ПАО «Краснодонуголь», Украина*

Предложен новый метод расчета опорного давления, основанный на линейном затухании согласно принципу Сен-Венана касательных напряжений от контактного трения между боковыми породами и угольным пластом. Метод позволяет описать эпюру горного давления, соответствующую экспериментальным данным, в виде квадратичной функции.

Несущая способность угольного пласта сопряжена с возникновением опорного горного давления в его призабойной зоне. Опорное давление характеризуется повышенными, по сравнению с величиной горного давления в нетронутом массиве, нормальными к пласту напряжениями, действующими вблизи обнаженной части пласта и отражает пригрузку угольного пласта около выработок, обусловленную обнажением массива. Опорное давление играет важную роль в возникновении горных ударов, внезапных выбросов, отжима угля, пучения, оказывает влияние на устойчивость выработок, вызывает завалы лав и т.д. Под действием пригрузки материал массива повреждается, возникают необратимые деформации в краевой части пласта, в последней образуются трещины, происходит смещение кровли. Опорное давление на определенном расстоянии от забоя достигает максимума и затем уменьшается до уровня значений, соответствующих состоянию нетронутого массива, что непосредственно сопряжено с распределением контактных нормальных напряжений призабойной зоны. Переход массива вблизи зоны возмущений (вблизи призабойной зоны) в новое состояние равновесия может протекать спокойно, а иногда и бурно в виде выбросов угля и газа. Для борьбы с негативными последствиями нарушения равновесного состояния массива, вызванного ведением горных работ, постоянно применяются дополнительные мероприятия, влияющие на переходные процессы в его призабойной зоне. Понятно, что закономерности проявлений опорного давления зависят от многих факторов, но, важно знать доминирующие из них. Это стало одной из важных проблем механики горных пород по вскрытию физической природы опорного давления, разработке способов управления не только проявлениями опорного давления, но и вызываемыми им физическими процессами. По механизму формирования опорного давления нет единого мнения среди ученых. Анализ различных гипотез опорного горного давления подробно изложен в работах многих авторов.