

Горст ГОНДЕК

Горный институт, Острава

Ярослав ВАШЕК, Йосеф ФОЛДЫНА

Институт горного дела ЧСАН, Острава

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД ВОДЯНОЙ СТРУЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Резюме: В докладе изложены результаты экспериментов по оценке эффективности водяной струи высокого давления (с учетом давления жидкости, диаметра сопла, расстояния между соплом и образцом породы и скорости движения сопла) при разрушении кернов весьма крепких абразивных песчаников прочностью на сжатие 130 - 170 МПа, являющихся вмещающими породами угольных пластов в Остравско-Карвинском районе. Эти эксперименты представляют собой первую часть поисковых работ по применению водяной струи для разрушения весьма крепких пород.

1. Введение

Процесс разрушения угля и пород играет доминантную роль в разных стадиях геологоразведочных работ, вскрытия месторождения, его подготовки и разработки. Речь идет о бурении, буровзрывных работах и машинном резании угля и пород с применением угольных и породопроходческих комбайнов.

Разрушение пород принадлежит с незапамятных времен к самым тяжелым и опасным работам в горном деле. Усовершенствование инструментов и машин, начиная с разных видов ручных инструментов и кончая современными проходческими, угольными и буровыми комбайнами, требовало большого усилия.

В настоящее время применяется почти полностью машинный способ разрушения угля и пород в очистных забоях, в то время как в проходческих забоях его доля составляет лишь приблизительно 30 %. Дело в том, что до сих пор не были решены некоторые проблемы машинного проведения горных выработок, особенно по крепким, высоко абразивным породам, отличающимся большой сопротивляемостью резанию. В таких породах наблюдается чрезмерная силовая и температурная нагрузка, быстрое изнашивание резцов и вследствие того производительность комбайнов при разрушении низка. Кроме того высоки производственные расходы, низок срок службы узлов комбайна и его применение оказывается не вполне экономичным.

В связи с выше указанными вопросами уделялось в СССР большое внимание определению области применения существующих режущих инструментов и тем самым проходческих и угольных комбайнов.

Была разработана методика оценки разрушаемости угля и пород для эффективного применения проходческих и угольных комбайнов и механизмов в определенных условиях $1/$, основанная на оценке решающих свойств гор-

ных пород – сопротивляемости резанию, абразивности, степени нарушения массива и специфичной энергии. В настоящее время можно эффективно разрушать существующими режущими инструментами породы, отличающиеся сопротивляемостью резанию в пределах до $700 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-1}$, абразивностью до $3 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-1}$ (рис. 1), потреблением энергии до $11 - 12 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-3}$ (рис. 3) и прочностью на сжатие до 90 МПа (рис. 2). Породы, имеющие значения выше этих пределов, нельзя до сих пор эффективно и экономично разрушать режущими инструментами.

В связи с этим в многих странах мира ведутся поисковые работы по решению этой проблемы. Дисковые шарошки, применяемые у буровых комбайнов, способны разрушать и весьма крепкие, абразивные породы. Однако, они требуют высокого усилия подачи, в результате чего они не нашли более широкого распространения у легких стреловидных проходческих или угольных комбайнов с высокой маневренностью. Таким способом, режущие инструменты сохраняют свое первенство и будут применяться в широких масштабах и в будущем. И небольшое совершенствование режущего инструмента может представлять собой большую экономию если возьмем во внимание сколько резов и энергии потребляется при разрушении пород.

Кроме того, в процессе износа твердосплавного реза увеличивается площадь контакта между инструментом и породой, и тем самым и эффект трения, возрастает сопротивление резанию и температура режущей коронки, наблюдаются вибрации, повышается доля измельченного материала и пылеобразование, опасность воспламенения метановоздушной смеси, энергоемкость процесса разрушения, уменьшается производительность комбайна при разрушении и увеличиваются общие производственные расходы (рис. 4).

Каким способом можно повысить прочность и срок службы режущих инструментов? Это возможно путем

- повышения износостойкости материала режущей коронки,
- усовершенствованием геометрии реза,
- использованием процесса самострения,
- оптимизацией силовой нагрузки,
- оптимизацией теплового режима,
- уменьшением эффекта трения между резов и породой,
- уменьшением сопротивления породы резанию предварительным нарушением массива.

За последнее время уделяется в многих странах мира большое внимание совместному воздействию режущего инструмента и водяной струи высокого давления /2,3,4,5/. Это позволит расширить область применения резов для разрушения крепких и абразивных пород /6/.

2. Исследование эффекта водяной струи высокого давления при разрушении пород

2.1 Основные данные о измерительных аппаратах и образцах пород

Институт горного дела Чехословацкой академии наук в сотрудничестве с кафедрой механизации Горного института в Остраве создал в 1986 году лабораторию разрушения пород водяной струей высокого давления. Лаборатория

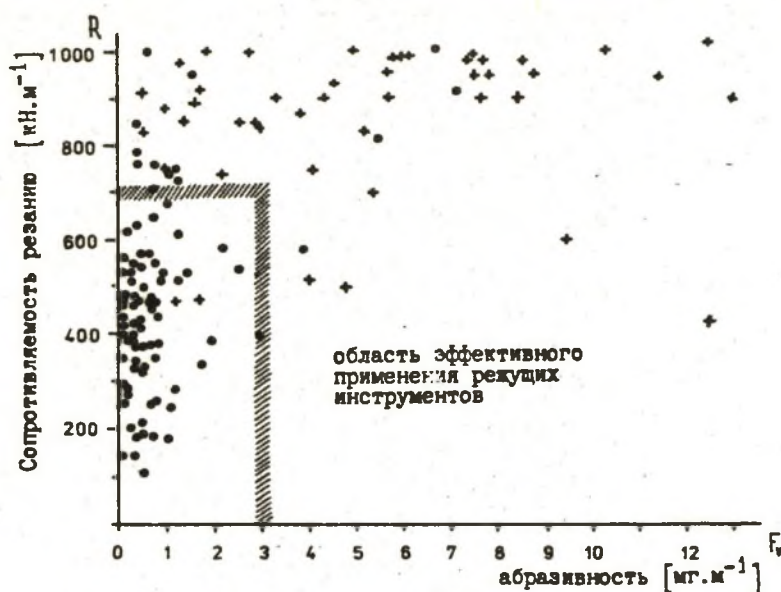


Рис. 1 Ограничение области эффективного применения режущих инструментов в зависимости от сопротивления резанию и абразивности

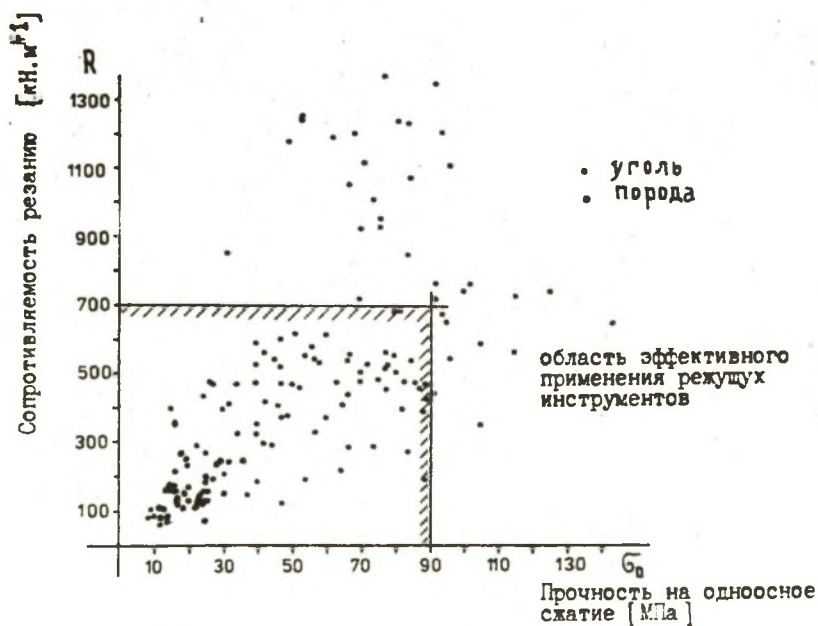


Рис. 2 - Ограничение области эффективного применения режущих инструментов в зависимости от сопротивления резанию и прочности на одноосное сжатие

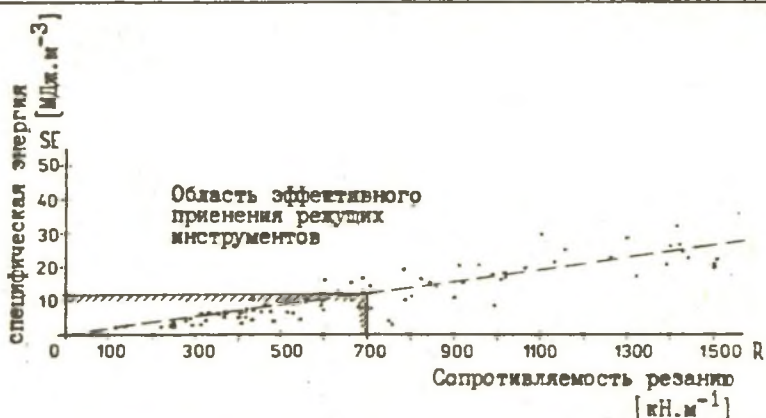


Рис. 3 - Ограничение области эффективного применения режущих инструментов в зависимости от сопротивляемости резанию и потребления специфической энергии

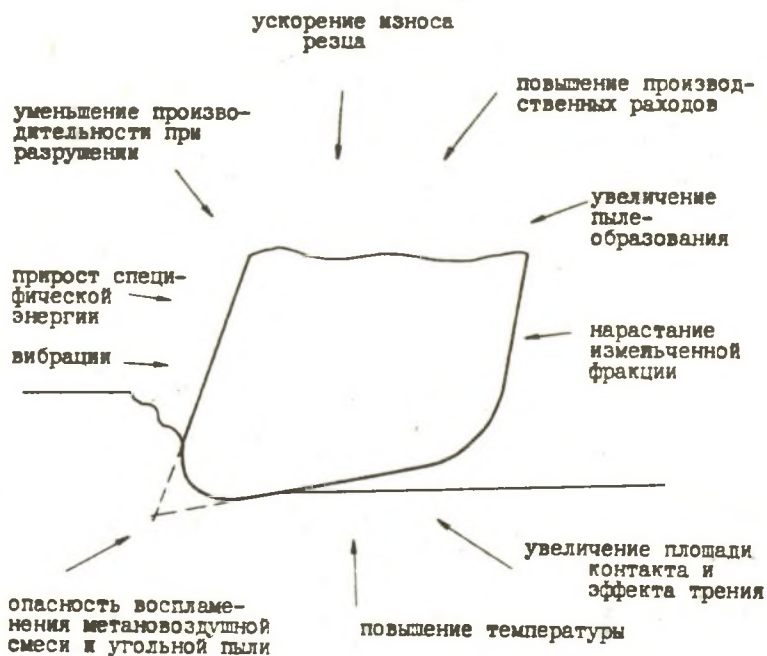


Рис. 4 - Негативные последствия износа реза

оснащена экспериментальной установкой, состоящей из высоконапорного агрегата фирмы Гаммелманн и устройства для обеспечения взаимного перемещения системы сопло-образец породы. В 1986 году была проведена в лаборатории первая стадия исследований эффективности резания весьма крепких пород при помощи водяной струи высокого давления (200 – 400 МПа). В качестве образцов были применены керны песчаников диаметром 80 мм и длиной 0,5 м. Их прочность на сжатие составляла 130 – 170 МПа и абразивность 6–8 мг.м⁻¹. Целая исследовательская программа направлена на применение водяной струи в содействии с резовым инструментом. В отличие от существующих систем с давлением до 200 МПа, предусматривается применение 200 – 400 МПа.

В высоконапорном агрегате фирмы Гаммелманн (рис. 5) можно достичь максимального рабочего давления 600 МПа и максимального расхода воды 1,8 л.мин⁻¹ при диаметре сопла 0,2 мм и давлении 600 МПа. Мощность привода 45 кВт. Речь идет о двухступенчатом гидравлическом агрегате с мультипликатором давления.

Для закрепления и перемещения образцов пород применялся станок ДСК-315. Расстояние упорных центров станка составляло 1250 мм, скорость подачи $5 \cdot 10^{-3}$ м.с⁻¹ и число оборотов в пределах от 1,05 до 23,3 за секунду.

Державка сопла была закреплена в головке станка и ее перемещение осуществлялось подачей головки. Образец породы был закреплен при помощи приспособлений между упорными центрами станка, что позволяло производить линейное резание (без оборотов образца – рис. 6а) и резание по спирали (при одновременном вращении образца – рис. 6б).

2.2 Результаты измерений

Первые эксперименты были намерены на определение влияния давления жидкости, диаметра сопла, расстояния между соплом и образцом и скорости перемещения сопла. Глубина резания измерялась вручную в пяти различных пунктах стружки. Арифметическое среднее значений указывается в рисунках 8 – 11 как глубина нарезаемых щелей. Расстояние между соплом и образцом – это расстояние между устьем гильзы сопла и поверхностью породного образца. Это значит, что расстояние между устьем сопла и поверхностью породы надо увеличить на 10 мм (см. рис. 7).

2.2.1 Влияние давления жидкости

Измерение влияния давления производилось при константном диаметре сопла $D = 0,2$ мм, скорости подачи $0,003$ м.с⁻¹ и расстоянии между соплом и породой $A = 10$ мм. Давление жидкости перед соплом P изменялось в пределах от 200 до 400 МПа. Было установлено, что глубина нарезаемых щелей зависит от величины давления (рис. 8).

2.2.2 Влияние диаметра сопла

Давление жидкости составляло 350 МПа, скорость подачи $U = 0,003$ м.с⁻¹, расстояние между соплом и породой $A = 10$ мм. Диаметр сопла изменялся в пределах от 0,12 до 0,2 мм (рис. 9).

Значения полученные у диаметров сопла 0,12, 0,15 и 0,17 мм отвечают

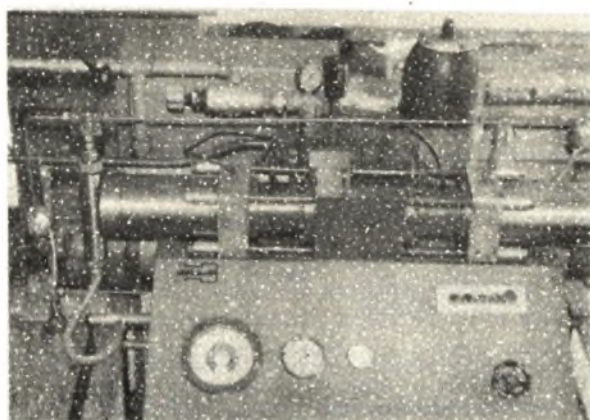


Рис. 5 - Высоконапорный агрегат фирмы Гаммельманн - часть образования водяной струи высокого давления и пульт управления

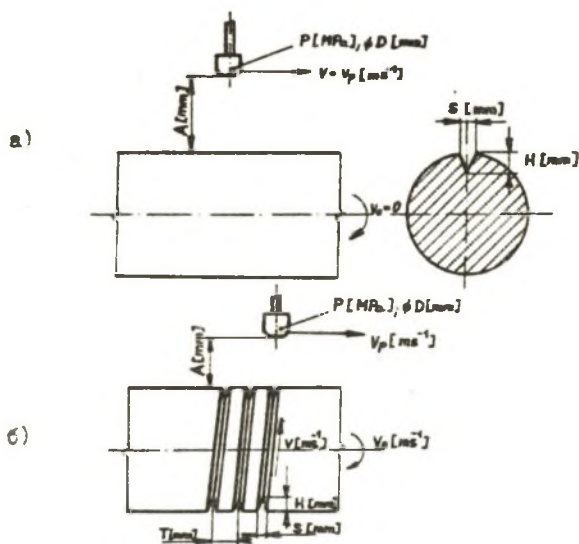


Рис. 6 - Схема измерений

прямой пропорциональности между диаметром сопла и глубиной нарезаемых щелей. Уменьшение глубины щелей при диаметре 0,2 мм является предметом дальнейшего изучения.

2.2.3 Влияние расстояния между соплом и породой

При измерениях применялось постоянное давление $P = 350$ МПа, диаметр сопла $D = 0,2$ мм и скорость подачи $U = 0,003$ м.с⁻¹. Расстояние между соплом и образцом А изменялось в пределах от 1 до 50 мм.

В этих пределах расстояний наблюдалось уменьшение глубины резания в зависимости от нарастающего расстояния А (рис. 10).

2.2.4 Влияние скорости перемещения сопла

При этих экспериментах сохранялся постоянный диаметр сопла $D = 0,2$ мм, давление жидкости $P = 350$ МПа и расстояние $A = 10$ мм. Изменение скорости перемещения сопла получалось за счет изменения числа оборотов при постоянной скорости подачи сопла. Относительная скорость перемещения сопла в отношении к породе изменялась в пределах от 0,27 м.с⁻¹ до 1,07 м.с⁻¹. Ввиду того при резании по спирали получалось различное расстояние Т. Таким образом, результаты этих измерений только ориентировочны (рис. 11).

3. Заключение

Были проведены эксперименты с целью определения эффекта водяной струи высокого давления при резании крепких абразивных песчаников, происходящих из вмещающих пород угольных пластов в Остравско-Карвинском районе. Речь идет о первых экспериментах в рамках исследовательской программы о применении высоконапорных водяных струй по весьма крепким породам. Результаты измерений считаются ориентировочными.

Список литературы

- /1/ Вашек, Я., Длоуги, Я., Матушек, Я., Мразек, М., Беднарж, Б.: Методика оценки сопротивляемости угля и пород резанию для эффективного применения проходческих и угольных комбайнов. Отчет ВВУУ № 215, 1985, Острава.
- /2/ 7th International Symposium on Jet Cutting Technology, 26-28 June 1984, Ottawa, Canada, P2, P2.
- /3/ Kleinert, H. W.: Hydroschneiden mit Schneidköpfen von Teilschnitt-Vertriebsmaschinen. Glückauf-Forschungshefte, 1985, No. 5, 223-227.
- /4/ Pasche, E.: Das Schneidverhalten von Hochdruckwasserstrahlen zur Unterstützung mechanischer Lösevorgänge. Glückauf-Forschungshefte, 1981, No.1, pp. 32-36.
- /5/ ADMC: Cutting with Abrasive Waterjets. Mechanical Engineering, March 1984, pp. 1-10.
- /6/ Вашек, Я., Вада, М., Гондек, Г., Фолдына, Й.: Механизм резания пород водяной струей высокого давления. Отчет Института горного дела ЧСАН, 1986, Острава.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

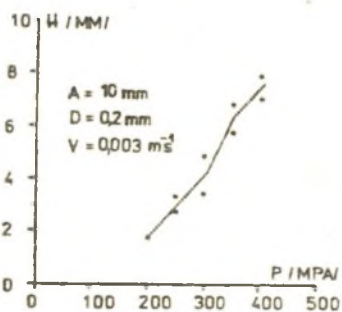
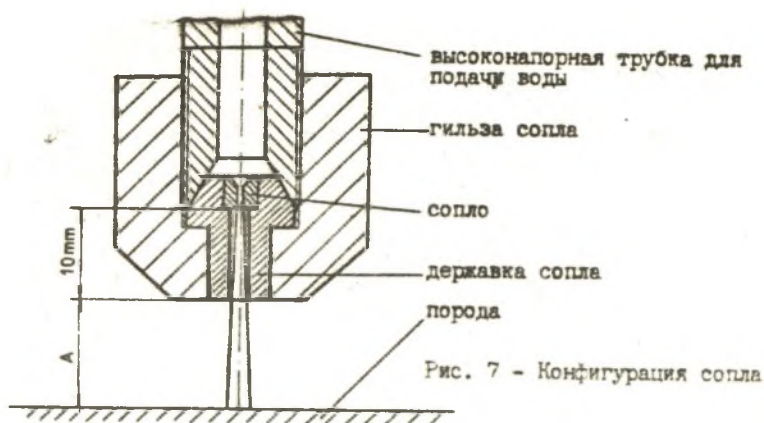


Рис. 8 - Глубина резания в зависимости от давления жидкости

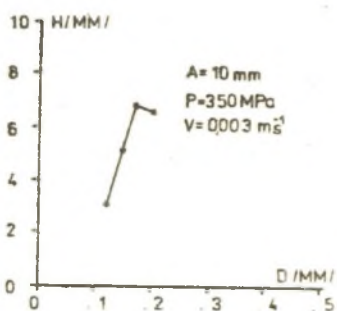


Рис. 9 - Глубина резания в зависимости от диаметра сопла

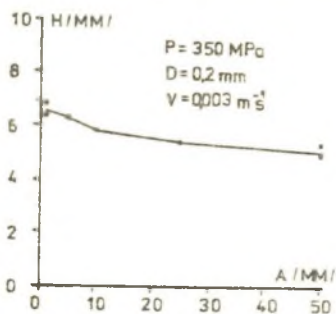


Рис. 10 - Глубина резания в зависимости от расстояния между соплом и породой

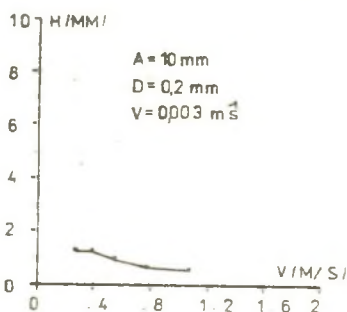


Рис. 11 - Глубина резания в зависимости от скорости подачи

WSTĘPNE REZULTATY BADAŃ PROCESU URABIANIA GÓROTWORU
STRUMIENIEM WODY O WYSOKIM CIŚNIENIU

S t r e s z c z e n i e

W referacie podano rezultaty badań oceny efektywności wodnego strumienia o wysokim ciśnieniu (określając ciśnienie wody, średnicę strugi, odległość między dyszą a próbką górotworu i prędkość przemieszczenia dyszy) przy rozbijaniu rdzeni wysoko odpornych na obróbkę piaskowców o wytrzymałości na ściskanie 130-170 MPa, występującymi w pokładach węgla w Ostrowsko-Karwińskim zagłębiu.

Niniejsze badania stanowią pierwszą część prac wdrożeniowych zamierzających do zastosowania wodnego strumienia dla urabiania twardych górotworów.

FIRST RESULTS OF INVESTIGATIONS INTO THE PROCESS
OF ROCK CUTTING BY HIGH PRESSURE WATER JETS

S u m m a r y

Results of experiments of the effectiveness of high pressure water jets (200-400 MPa) in cutting hard rocks are given in the present paper. The variables were the pressure of the fluid, the diameter of the jet, distance between the orifice and rock specimen and traverse speed of the jet. The samples used were the cores of hard abrasive sandstones with uniaxial strength ranging from 130 to 170 MPa. These sandstones are encountered in the roof of coal seams in the Ostrava-Darvina Coal Field. The above experiments represent the first stage of a research programme aimed at determining the feasibility of the use of high pressure water jets in cutting these sandstones.