

В.В. Габов, Д.А. Задков, Ю.В. Лыков, Э.В. Кустриков

СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ УГЛЯ И КАЛИЙНОЙ СОЛИ ОДИНОЧНЫМ РЕЗЦОМ ГОРНЫХ МАШИН

Процесс резания горных пород одиночным резцом горных машин рассматривается в отличие от общепринятого интегрального подхода с позиции формирования последовательных элементарных сколов, составляющих срез. В виду сложности и многофакторности зависимости процесса резания от структуры и прочностных свойств массива, от параметров резца, режима резания и свойств привода принят экспериментальный метод исследования на полноразмерных физических стендах. Существенное различие целей и задач принятых направлений исследований обусловило необходимость создания на первом этапе четырех стендов различных конструкций, обеспечивающих проведение запланированных направлений исследований закономерностей формирования фаз последовательных элементарных сколов при резании изотропных, квазиизотропных и анизотропных материалов. Стенд резания прозрачного изотропного материала с оптическим методом наблюдения полей напряжений используется для исследования закономерностей процесса формирования области напряжений в прирезцовой зоне разрушаемого массива. Стенд с упругим элементом в виде пневмогидроаккумулятора в силовом контуре предназначен для исследования влияния запаса потенциальной энергии в приводе резца на параметры фаз элементарного скола в процессе резания и снижения динамики нагрузок, а так же для поиска возможности реализации режима резания с квази постоянным силовым воздействием при разрушении анизотропных массивов. Стенд для исследования процесса резания калийных руд и кембрийских глин одиночным резцом горных машин предназначен для исследования процесса резания как последовательности элементарных сколов на более вязких и менее трещиноватых горных породах. Полупромышленный режущий стенд с термоизмерительными и сканирующими приборами предназначен для исследования процесса резания пород одиночным резцом как термомеханического процесса с позиции формирования последовательных элементарных сколов с оценкой гранулометрического состава отделенного продукта, температуры резца и следа среза.

Ключевые слова: стенд, резец, горная машина, уголь, калийная соль, блок, резание, элементарный скол.

Эффективность работы любой горной машины по добыче полезного ископаемого или проведению горных выработок определяется, в первую очередь, совершенством процесса резания массива одиночным резцом, при этом конструктивное, техническое и технологическое исполнение разрушающих массив органов и приводов горной машины должно обеспечить эффективную совокупную работу резцов

по отделению полезного ископаемого от массива с заданной интенсивностью и качеством. Поэтому при разработке высокоэффективных горных машин нового технического уровня необходимо, в первую очередь, овладеть новыми знаниями о процессе отделения угля (породы) от массива одиночным резцом – о взаимосвязи прочностных свойств пласта, режима работы и параметров резцов с их динамической на-

гуженностью при заданных интенсивности процесса, качестве отделяемого продукта по гранулометрическому составу и удельных затратах.

Известен основной методологический принцип в оценке разрушаемости углей, сводящийся к тому, что «... сопротивление разрушению не является имманентным свойством углей – оно зависит от природно-генетических и горнотехнологических факторов» [1], а также существенно зависит от значений параметров, характеризующих конструкцию и режим движения резцов. Наиболее полно взаимосвязь прочностных свойств пласта, режима работы и параметров резцов отражается в механической характеристике процесса резания, а именно, в форме механической характеристики элементарных сколов, последовательность которых и составляет любой срез.

Исследованием закономерностей формирования фаз элементарных сколов на примере процесса резания угля, калийной руды и других горных пород занимается группа специалистов кафедры машиностроения Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Целью исследований является повышение эффективности отделе-

ния угля (калийной руды) от массива, выявления возможности целенаправленного управления параметрами фаз элементарных сколов. Учитывая многофакторность и случайность процессов формирования элементарных сколов в качестве определяющего принципа их исследования был принят экспериментальный метод с использованием полноразмерных физических стендов.

Как показывают результаты проведенных исследований наибольшее влияние на формирование параметров фаз элементарных сколов оказывают условия формирования области напряжений в прирезцовом пространстве массива, условия возникновения, роста и угасания магистральных трещин [2], степень анизотропии массива (трещиноватость, слоистость, слойчатость) [3], режим движения резца и запас потенциальной энергии в приводе [4], существенно влияющие на напряжение в вершине магистральной трещины.

На первой стадии исследований были созданы стенды для четырех направлений исследований.

1. Стенд для исследования процесса формирования области напряжений в прирезцовой зоне при резании квазиизотропного прозрачного материала

(рис. 1). На нем можно наблюдать возникновение и развитие поля напряжений, возникновение и развитие магистральных трещин, определять границы и пограничные скорости, при которых происходит переход срезов с последовательными элементарными сколами в сливные стружки в процессе резания.

Процесс резания осуществляется перемещением винтом 4 рамки 3 с органическим стеклом относительно неподвижного резца 5. Толщина и место среза уста-

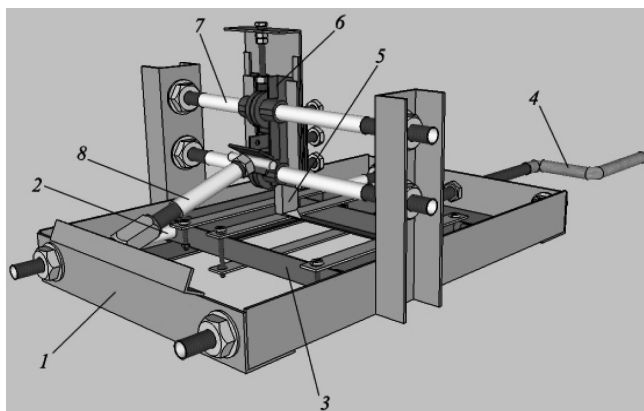


Рис. 1. Стенд резания изотропного материала: 1 – рама; 2 – направляющие перемещения рамки; 3 – рамка; 4 – винт; 5 – резец; 6 – резцедержатель; 7 – направляющие перемещения резцедержателя; 8 – съемный упор

навливаются регулирующим устройством с направляющими 7, в которых перемещается резцедержатель 6 в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для предотвращения деформаций направляющих 2 под действием нагрузки между рамой станда и резцедержателем установлен съемный упор 8. В процессе резания прирезцовая зона освещается плоско-поляризованным светом, что обеспечивает наблюдение, фото- и видеорегистрацию в цветовой оформлении развития последовательно формирующихся фаз элементарного скола: возникновения и роста поля напряжений (рис. 2) и магистральных трещин, формирование поверхности элементарных сколов и поверхности среза.

При постоянных толщине среза и скорости резания наблюдается устойчивое чередование последовательных элементарных сколов, их форм, размеров (рис. 3), а так же устойчивое чередование фаз в каждом элементарном сколе. Продолжение экспериментальных исследований процесса резания квазиизотропных материалов направлено на выявление наиболее значимых факторов по их влиянию на изменение параметров фаз элементарных сколов, на выявление самой возможности целенаправленного формирования характеристик элементарных сколов.

2. Стенд для исследования влияния запаса потен-

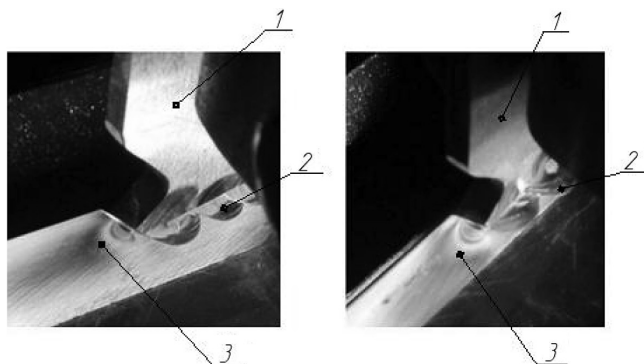


Рис. 2. Процесс резания: 1 – резец, 2 – след элементарного скола, 3 – поле напряжений

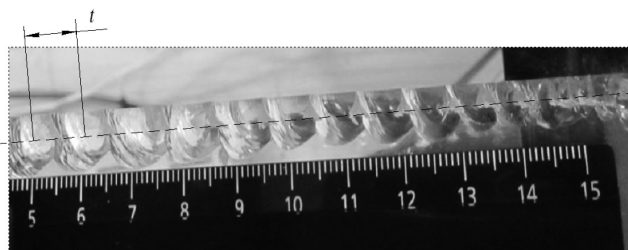


Рис. 3. Характерная последовательность следов элементарных сколов в срезе: t – шаг скола

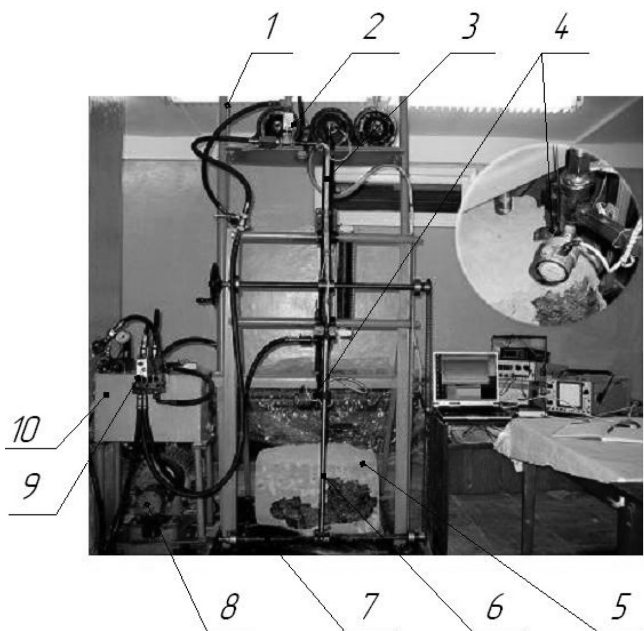


Рис. 4. Общий вид станда с гидравлическим приводом реза

циальной энергии в приводе реза на параметры фаз элементарного скола в процессе резания угля (рис. 4) создавался для поиска способов и технических средств снижения динамики нагрузок на резы и исполнительные органы очистных комбайнов. Целью настоящих стендовых экспериментальных исследований является выявление самой возможности процесса резания хрупких анизотропных массивов в режиме с квазипостоянным силовым воздействием реза на массив, возможности целенаправленного управления параметрами фаз в элементарном сколе.

Стенд представляет собой раму 1, закрепленную на металлической плите 7. На раме установлена подвижная направляющая 6 с гидроцилиндром резания 3, резцедержателем 4 с эталонным резцом. Угольный блок 5 (блок калийной руды, породы) устанавливается на плите 7. Толщина среза регулируется смещением блока, а место среза – перемещением направляющей 6 вместе с гидроцилиндром и резцедержателем. Привод реза гидравлический. Гидросистема стенда включает в себя насос 8 с постоянной производительностью, бак 10 с рабочей жидкостью, пульт управления 9 и комплект пневмогидроаккумуляторов 2. Для регистрации значений параметров про-

цесса резания стенд оборудован датчиками давления, перемещения, скорости и ускорения. Датчик давления установлен в гидростакане резцедержателя и используется для измерения силы резания.

Особенностями стенда являются: возможность резания блока с неизменяемой (постоянной) скоростью при отключенных пневмогидроаккумуляторах; возможность резания в режиме постоянного силового воздействия при подключенных к гидросистеме пневмогидроаккумуляторах; малая инерционная масса движущихся деталей привода реза. Количество потенциальной энергии, запасаемой пневмогидроаккумуляторами, пропорционально давлению рабочей жидкости в гидросистеме, то есть пропорционально силе резания.

В результате проведенных экспериментальных исследований были установлены существенная зависимость сопротивляемости угля резанию от времени приложения сил [5], возможность резания угля как в режиме с постоянной скоростью резания, так и в режиме с постоянным силовым воздействием [6], разработано и изготовлено устройство для определения сопротивляемости угля резанию в шахтных условиях.

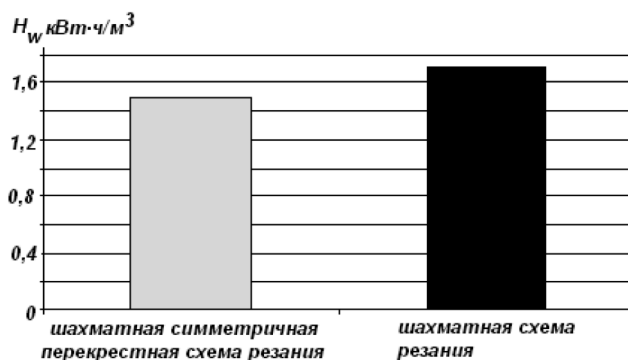


Рис. 5. Удельные энергозатраты процесса разрушения калийного массива при реализации шахматной симметричной перекрестной и шахматной схем резания

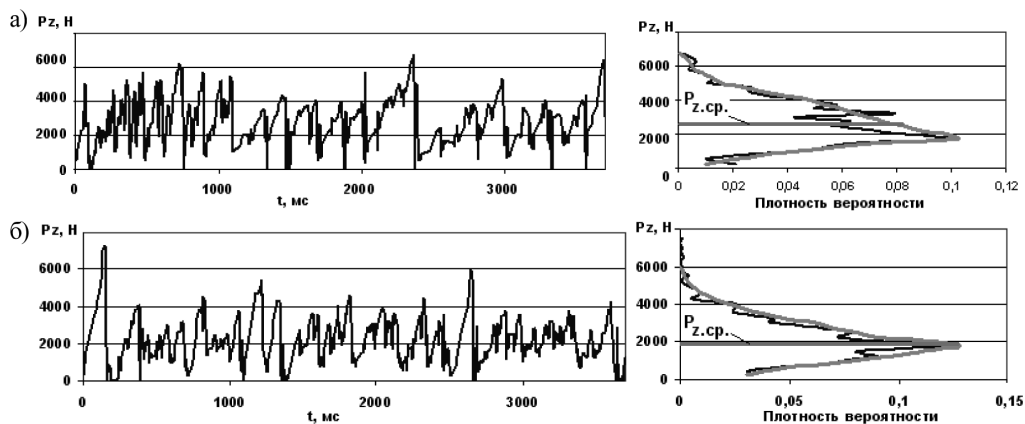


Рис. 6. Осциллограммы срезов: а) шахматный; б) шахматный перекрестный

3. Стенд для исследования процесса резания калийных руд и кембрийских глин одиночным резцом горных машин был изготовлен на кафедре машиностроения Национального минерально-сырьевого университета «Горный» [7]. Стенд аналогичен рассмотренному выше, но предназначен для исследования процесса резания как последовательности элементарных сколов на более вязких и менее трещиноватых горных породах, чем уголь, и менее изотропных, чем органическое стекло.

Стенд позволяет определить силовые и энергетические характеристики процесса формирования последова-

тельных элементарных сколов при различных схемах резания и видах срезов.

Данные, полученные в результате экспериментальных исследований Д.И. Шишлянниковым подтверждают большую эффективность шахматной симметричной перекрестной схемы резания по сравнению с шахматной схемой [7]. При реализации шахматной симметричной перекрестной схемы резания обусловило снижение удельной энергоёмкости процесса резания калийной руды на 15% (рис. 5) и уменьшение выхода мелких необогатимых классов в 2 раза, а так же снижение средних нагрузок на резце на 34% (рис. 6).

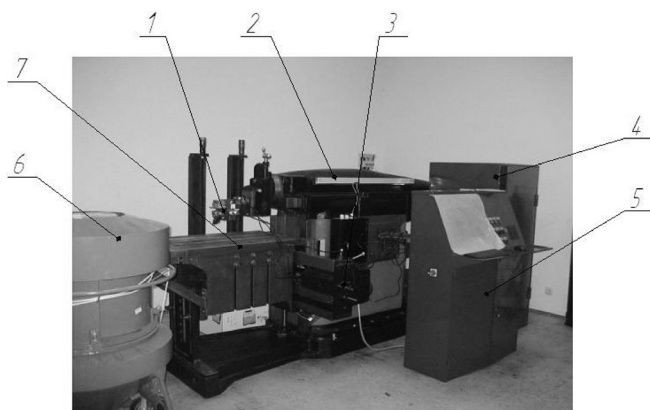


Рис. 7. Режущее-испытательный стенд

4. В настоящее время в Горном университете ведется наладка экспериментального стенда (рис. 7) для исследования процесса резания пород одиночным резцом, как термомеханического процесса. Данный стенд спроектирован с целью проведения исследований процесса формирования последовательных элементарных сколов при разрушении массива в режиме с постоянной скоростью резания и в режиме с постоянным силовым воздействием с одновременным сканированием следа среза, оценкой гранулометрического состава отделенного продукта, температуры резца и следа среза.

Стенд состоит из следующих структурных элементов: механизма резания 2, представляющим собой гидроцилиндр с режущей головкой 1, механизма 3 для перемещения стола 7 на котором устанавливаются породные блоки, насосной станции 4, пульта управления 5, блока регистрации и обработки измеряемых параметров, дисплея, компьютера, установки 6 для сбора разрушенной массы.

В режущедержатель встроены датчики, регистрирующие силы на резце по 3-м координатам. Установлены датчики давления рабочей жидкости, скорости и ускорения движения резца, при-

бор для дистанционного измерения температуры резца и следа среза.

Рассмотренные экспериментальные полноразмерные физические стенды обеспечивают комплекс исследований процесса резания горных пород одиночным резцом как термомеханического процесса. Однако, во многих случаях, процесс резания анизотропного угольного газо-водонасыщенного массива целесообразно рассматривать как термо-газо-механический или термо-газо-физикомеханический процесс. Поэтому предусматривается дальнейшее совершенствование стендов с целью расширения спектра исследуемых процессов.

Полноразмерные физические стенды обеспечивают:

1. Более углубленное, дифференцированное исследование процесса резания на уровне формирования фаз последовательных элементарных сколов.

2. Исследование влияния потенциальной энергии, запасаемой в приводе резца, на параметры фаз элементарных сколов.

3. Исследование взаимосвязи силовых и энергетических параметров фаз элементарных сколов, температуры следа среза и выделяемого тепла в зонах зачистки, дробления и измельчения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позин Е.З. Разрушение углей выемочными машинами. – М.: Недра, 1984. – 288 с.

2. Габов В.В., Задков Д.А., Коломоец Г.И., Сорвачев С.А. Исследование резания углей одиночным резцом как последовательности элементарных сколов // Горное оборудование и электромеханика. – 2007. – № 6. – С. 41–43.

3. Задков Д.А., Банников А.А., Шишлянников Д.И., Головин К.А. Способ отделения угля от массива при обработке трещиновато-слоистых угольных пластов // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 2. – С. 30–33.

4. Габов В.В., Задков Д.А., Большаков В.Е. Экспериментальные исследования процесса разрушения углей выемочными

модулями с объемным гидроприводом // Народное хозяйство республики Коми. – 2005. – Т. 14, № 1–2. – С. 344–348.

5. Габов В.В., Соловьев В.С., Задков Д.А., Коломоец Г.И. Зависимость максимальных сил резания хрупких трещиноватых углей от времени действия нагрузки // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 7. – С. 37–39.

6. Zadkov D., Bolshakov V. Mining machinery: enhancing cutting efficiency Russian mining. – 2005. – № 1. – P. 19–21.

7. Габов В.В., Шишлянников Д.И., Шефнер А.Д. и др. Стенд для экспериментальных исследований процесса резания калийных руд одиночным резцом горных машин // Записки горного института. – 2012. – Т. 195. – С. 243–248. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Габов Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор,
e-mail: gvv40@mail.ru,
Задков Денис Александрович – кандидат технических наук, доцент,
Льков Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент,
Кустриков Эдуард Владимирович – аспирант,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

UDC 622.232.72

COAL AND POTASSIUM SALT CUTTING PROCESS WITH A SINGLE MINING MACHINES CUTTER STUDY STANDS

Gabov V.V.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: gvv40@mail.ru,
Zadkov D.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Lykov Yu.V.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Kustrikov E.V.¹, Graduate Student,
¹ National Mineral Resource University «University of Mines»,
199106, Saint-Petersburg, Russia.

Rock cutting process with a single mining machines cutter is seen from the perspective of a successive elementary chips formation that make the cut in contrast to the conventional integral approach. The experimental method of researching rock cutting process on full-size natural stands is chosen because of cutting process complexity and it's multiple-factor dependence from rock structure, it's strength properties, cutter, cutting mode and drive properties. Creation stands of four different constructions that can provide first stage of formation successive elementary chips phases regularities when cutting isotropic, quasi-isotropic and anisotropic materials planned researches is made by significant difference in goals and objectives adopted by the research areas. Transparent isotropic material cutting stand with optical observations of stress fields used for stress fields formation regularities in cutting area of breakable solid study. Stand with a power circuit hydraulic accumulator elastic element is designed to investigate how the potential energy reserves in the cutter drive effect on successive elementary chips phase formation parameters during the cutting process, stress reduction dynamics study, as well as the feasibility of a quasi continuous power cutting mode in cutting anisotropic rocks research. Potash ores and cambrian clay cutting with the single mining machines cutter studying Stand is designed to study the cutting process as a sequence of elementary chips on the more viscous and less fractured rocks. Semi industrial cutting stand which has thermal measuring and scanning devices is designed to rock cutting with single cutter process study looking on it as thermal-gas-mechanical process from successive elementary chip formation position estimating separated product particle size distribution, cutter and cut track temperatures.

Key words: experimental unit, cutter, mining machine, coal, potassium chloride, bloc, cutting, elementary cleavage.

REFERENCES

1. Pozin E.Z. *Razrushenie ugley vyemochnymi mashinami* (Coal destruction by cutting machines), Moscow, Nedra, 1984, 288 p.
2. Gabov V.V., Zadkov D.A., Kolomoets G.I., Sorvachev S.A. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2007, no 6, pp. 41–43.
3. Zadkov D.A., Bannikov A.A., Shishlyannikov D.I., Golovin K.A. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2012, no 2, pp. 30–33.
4. Gabov V.V., Zadkov D.A., Bolshakov V.E. *Narodnoe khozyaystvo respubliki Komi*. 2005, vol. 14, no 1–2, pp. 344–348.
5. Gabov V.V., Solov'ev V.S., Zadkov D.A., Kolomoets G.I. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2006, no 7, pp. 37–39.
6. Zadkov D., Bolshakov V. *Mining machinery: enhancing cutting efficiency Russian mining*. 2005, no 1, pp. 19–21.
7. Gabov V.V., Shishlyannikov D.I., Shefner A.D. *Zapiski gornogo instituta*. 2012, vol. 195, pp. 243–248.

