

УДК 622.322.8

Н.В. Чекмасов¹, Д.И. Шишлянников¹, Е.О. Вагин², Л.А. Лоскутов¹
N.V. Chekmasov¹, D.I. Shishlyannikov¹, E.O. Vagin², L.A. Loskutov¹

¹ Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

² Региональный канатный центр

¹ Perm National Research Polytechnic University

² Regional Rope Center

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ПЕРЕКРЕСТНЫМИ РЕЗАМИ

INVESTIGATION OF THE PROCESS FAILURE POTASSIUM SALTS CROSS CUTS

Рассмотрен способ разрушения соляного массива перекрестными резами. На основании теоретического анализа процесса стружкообразования и образования последовательных элементарных сколов в срезе сделаны выводы о возможности совершенствования процессов отбойки калийной руды перекрестными резами. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: проходческо-очистные комбайны, исполнительные органы, перекрестные резы, последовательные элементарные сколы, оптимизация процессов резания.

The article describes the method for breaking the salt massif cross-cuts. Based on the theoretical analysis of the process and chip formation in successive elementary chips cut conclusions about the possibility of improving the process of breaking potash cross-cuts. As well as identify areas for further research.

Keywords: heading-and-winning machine, actuators, cross-cuts, successive elementary chips, optimization of cutting processes.

При разработке соляных месторождений подземным способом наибольшее применение нашли проходческо-очистные комбайны, обеспечивающие механизацию технологических операций по отбойке, погрузке руды и установке крепи.

Для предприятий калийной промышленности актуальной остается задача снижения удельной энергоемкости процесса разрушения соляного массива исполнительными органами проходческо-очистных комбайнов и уменьшения выхода мелких, труднообогатимых классов руды.

Решение данной задачи невозможно без развития теории резания и создания новых, более совершенных добычных машин.

Известно, что характер разрушения зависит от свойств и формы разрушаемого тела, а также условий нагружения. В механике горных пород наибольшее распространение получили теории, в рамках которых прочность определяется только уровнем напряженного состояния. Теории получили удовлетворительное экспериментальное подтверждение. На сегодняшний день наиболее высоким уровнем развития представлений о разрушении горных пород является учет временных и температурных факторов кинетической теорией прочности (С.Н. Журков, Л.М. Качанов) [1].

В настоящее время в отечественной практике большинство инженерных методик расчетов параметров исполнительных органов горных машин базируются на экспериментально-статистической теории резания, суть которой заключается в следующем. Под действием нагрузки резец деформирует породу рабочей поверхностью, в результате чего в породе образуется ядро уплотнения. Поперечная деформация ядра уплотнения обуславливает появление в массиве растягивающих напряжений, вызывающих образование и рост трещин, которые отделяют от массива некоторый объем породы. В процессе разрушения соляных пород режущим инструментом непосредственно под следом от резца образуется нарушенный слой толщиной 1–2 мм. От краев следа под углами 0–30° отходят радиальные трещины длиной до 10 мм. Иначе говоря, при движении резца формирует в массиве область локализации трещин техногенного происхождения [1, 2].

Переизмельчение руды при дроблении определяет выход большого количества мелких труднообогатимых классов руды и увеличение удельной энергоемкости процесса разрушения соляного массива.

Условием оптимальности отделения калийной руды от массива является минимальная удельная энергоемкость процесса разрушения. Это условие обеспечивает возможность достижения наибольшей производительности и лучшей сортности руды при наименьшем пылеобразовании.

Минимальная энергоемкость разрушения массива и снижение выхода мелких фракции достигаются путем рационального выбора сечения и формы среза, режимных параметров, схемы расстановки резцов, соотношения скоростей резания и подачи, шага резания, типа резца и учетом других факторов [3].

В качестве совокупного режимного параметра, характеризующего закономерности изменения удельной энергоемкости H_w процесса резания, принимают глубину резания h , поскольку между ними существует зависимость, определяемая эмпирической формулой

$$H_w = 1,28 \cdot h^{-1,21} + 0,95. \quad (1)$$

Каждой глубине резания соответствует определенное значение шага резания, обеспечивающее минимум удельной энергоемкости. Оптимальное зна-

чение шага резания $t_{\text{онт}}$ зависит от ширины режущей кромки резца b , толщины стружки h , угла бокового развала ψ (вязкости породы) и определяется по эмпирической формуле

$$t_{\text{онт}} = b + (1,8...2,8) \cdot h \cdot \text{tg}\psi. \quad (2)$$

Установлено, что при разрушении соляных пород угол бокового развала ψ с увеличением толщины стружки h от 0,5 до 10 см уменьшается по закону, который выражается эмпирической зависимостью

$$\psi = 90 - \psi_0 - 9 \cdot h^{2/3}, \quad (3)$$

где ψ_0 – величина, характеризующая вязкость горной породы. Для калийных солей Верхнекамского месторождения $\psi_0 = 25\text{--}30^\circ$ [4].

Разрушение соляного массива резами исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов представляет собой чередование процессов дробления и скалывания. Параметры единичного скола нестабильны. Определяющее влияние на величину и форму последовательных элементарных сколов оказывают естественные дефекты в породном массиве, распределение которых обусловлено генезисом соляных отложений, а также трещины и ослабления техногенного происхождения, образующиеся вследствие воздействия на забой резцов при отработке предыдущего слоя породы [1, 5].

К достоинствам планетарно-дисковых исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов для добычи калийной соли можно отнести возможность создания на забое сетки пересекающихся резов [3]. Известны работы сотрудников Московского горного института, Гипроуглемаша, КНИУИ, Пермского национального исследовательского политехнического университета, в которых приводятся результаты исследований процесса разрушения забоя пересекающимися резами [6]. В Пермском национальном исследовательском политехническом университете доцентами Л.И. Старковым и Н.А. Харламовой выполнены исследования перекрестной схемы разрушения применительно к соляным породам Верхнекамского калийного месторождения.

Суть перекрестного резания заключается в том, что разрушение каждого последующего слоя породы осуществляется резами, которые пересекаются под определенным углом с резами предыдущего слоя. Экспериментально доказано, что при реализации перекрестного резания снижается удельная энергоемкость процесса разрушения соляного массива и уменьшается выход мелких труднообогатимых классов руды. Утверждается, что снижение энергетических показателей отбойки достигается использованием при отработке каждого последующего слоя породы техногенных трещин и ослаблений, оставшихся после отработки предыдущего слоя [1, 7].

Исследование процесса разрушения горных пород перекрестными резами проводилось в основном экспериментально. В технической литературе имеются эмпирические зависимости, характеризующие изменение удельной энергоемкости и выхода мелких фракций в зависимости от толщины стружки и шага резания при перекрестном разрушении массива. Вместе с тем недостаточно внимания уделено процессу стружкообразования и формированию последовательных элементарных сколов в срезе при перекрестном резании.

Рассмотрим идеальный случай реализации перекрестной схемы разрушения забоя (рис. 1).

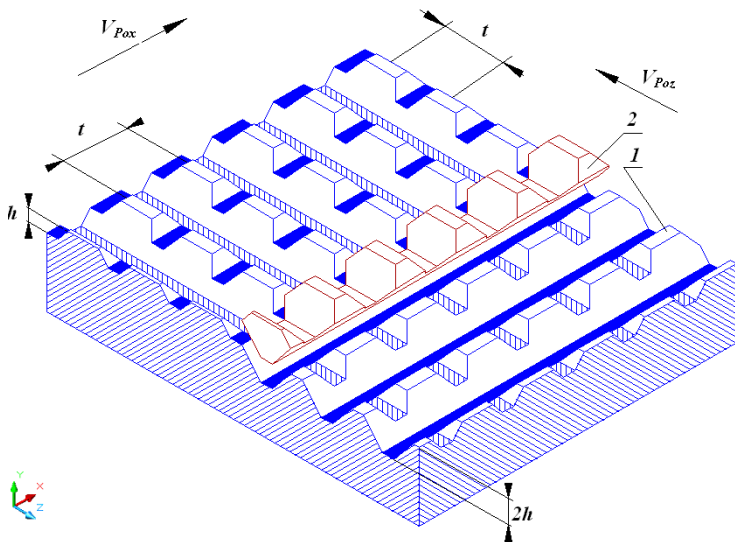


Рис. 1. Схема разрушения забоя перекрестными резами: 1 – породный массив; 2 – стружка переменного сечения, отделяемая от массива

Изотропный породный массив послойно разрушается взаимно перпендикулярными резами, направленными вдоль осей OX и OZ .

Обработка каждого последующего слоя породы осуществляется резами, направленными перпендикулярно резам предыдущего слоя и заглубленными относительно них в массив на величину h .

В каждом из направлений разрушения шаг резания принимается равным t . Резы двух ближайших слоев, разрушаемых в одном направлении (на рис. 1 обозначены сплошной штриховкой), располагаются таким образом, что резы последующего слоя разрушают чечки между резами предыдущего слоя и заглубляются относительно резов предыдущего слоя на величину $2h$. Отделяемая от массива стружка имеет переменное сечение.

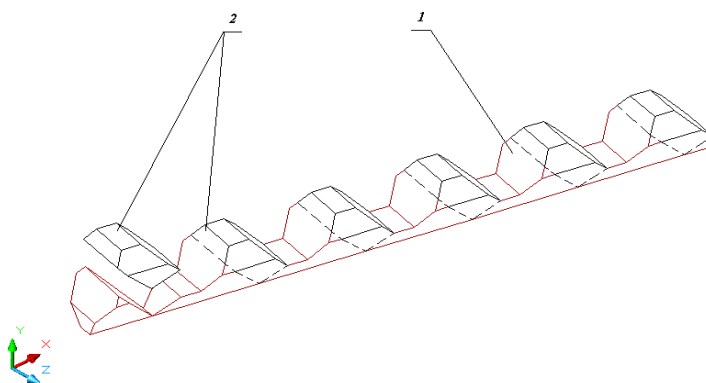


Рис. 2. Стружка, отделяемая от массива при перекрестном резании:
1 – стружка; 2 – зоны устойчивого скола

При реализации перекрестной схемы разрушения процесс формирования последовательных элементарных сколов в срезе приобретает более упорядоченный характер и начинает определяться параметрами и расположением пересекающихся резов, которые создают на забое области локальных ослаблений и концентрации напряжений. Сложное сечение стружки и наличие зон локализованных ослаблений обуславливают появление в срезе областей, разрушаемых сколами с устойчивыми значениями параметров, характеризующих их (рис. 2). Иными словами, посредством создания на забое сетки пересекающихся резов формируются участки, которые при отработке последующих слоев будут отделяться от массива единичными устойчивыми сколами с заданными параметрами.

Формируя параметры элементарных сколов в срезе, снижая тем самым объем раздробленной породы, можно уменьшить удельную энергоемкость процесса разрушения массива и существенно снизить выход мелких труднообогатимых классов руды.

В ходе дальнейших исследований процесса разрушения массива перекрестными резами необходимо определить влияние формы поверхности и областей локализации техногенных ослаблений на параметры последовательных элементарных сколов при заданном шаге резания t и толщине стружки h , а также оценить силовые и энергетические показатели процесса отбойки каменной руды перекрестными резами.

Список литературы

1. Харламова Н.А. Исследование механизма разрушения соляных горных пород резцовым инструментом: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.11 / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 1998. – 173 с.

2. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. – 3-е изд., стер. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2002. – 453 с.
3. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М. Горные машины и автоматизированные комплексы: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1981. – 503 с.
4. Светличный Д.М., Деветьев В.З. Изучение режимов разрушения соляных пород и разработка параметров добычных машин для Верхнекамских калийных рудников: отчет по теме ИС-27 / ПермНИУИ. – Пермь, 1965.
5. Позин Е.З., Меламед В.З., Азовцева С.М. Измельчение углей при резании. – М.: Наука, 1977. – 139 с.
6. Долгов В.Л. Совершенствование плоско-планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов // Горная электромеханика и механизация горных работ. – М.: Недра, 1969. – 383 с.
7. Старков Л.И., Харламова Н.А. Исследование схемы перекрестного резания // Горный журнал. Известия вузов. – 1997. – № 7-8. – С. 121–123.

Получено 14.03.2016

Чекмасов Николай Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная электромеханика», горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mec@pstu.ru.

Шишлянников Дмитрий Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная электромеханика», горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 4varjag@mail.ru.

Лоскутов Лев Андреевич – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: leff.loskutov@yandex.ru.

Вагин Евгений Олегович – инженер-эксперт, ООО «Региональный канатный центр», e-mail: VaginEvgeny@gmail.com.