

УДК 622.232.72.031.2

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПЛАСТОВ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ

Бойко Е.Н., канд. техн. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены особенности формирования сортового состава угля при разрушении пластов сложной структуры современными очистными комбайнами.

The features of forming grade of makeup of coal are considered at shattering seams of composite pattern by modern cutter-loaders.

Большинство (68 %) пластов Донбасса сложного строения, которые содержат прослойки породы (до 10 % от мощности пласта) и твердые минеральные включения в виде пирита, кварцита, сернистого колчедана и др. [1, 2]. Расположение прослоек по высоте (мощности пластов), как показали исследования, практически равномерное, расположение твердых включений – случайное. Наиболее распространенными породами прослоек являются: углистые сланцы, аргиллит и алевролит, сопротивляемость резанию которых соизмерима с сопротивляемостью угля резанию [2].

При расположении прослойка мощностью H_{np} в верхней или нижней части (у кровли или у почвы) пласта угол поворота органа, на протяжении которого производится его разрушение,

$$\varphi_{np} = \arccos\left(1 - \frac{2H_{np}}{D_{op}}\right) = \arccos\left(1 - \frac{2\delta H}{D_{op}}\right), \quad (1)$$

где δ - относительная величина мощности прослойка от мощности пласта H .

Тогда величина медианного диаметра гранул пород разрушаемого прослойка будет [3]:

при разрушении резцами существующей конструкции

$$d_{m,np} = 2\sqrt{1/\pi h_{max} t_y \sin \varphi_{np}}, \quad (2)$$

при разрушении резцами с рабочей боковой гранью

$$d_{m6}^{np} = 1,823\sqrt{1/\pi k_1 l_6 h_{max} t_y \sec \beta \sin \varphi_{np}}. \quad (3)$$

И в том и в другом случае, т.е. при разрушении пласта рабочим органом комбайна, оснащенным как резцами существующей конструкции, так и резцами с рабочей боковой гранью на формирования гранулометрического состава разрушенной породы прослойка оказывает влияние довольно много факторов. К ним, например, относятся как расположение и мощность прослойка, тип и структура породы, сопротивляемость ее резанию и ряд других, большинство из которых являются случайными. Поэтому есть все основания считать, что при совмещенном в пространстве и во времени их проявлении, что, собственно, и происходит в процессе разрушения пласта рабочим органом комбайна, распределение вероятностей медианного диаметра гранул породы, а следовательно, и гранулометрического ее состава не противоречит закону Гаусса,

$$f(d_{m.np}) := N\{\bar{d}_{m.np}, \sigma_{d_{m.np}}\}, \quad f(d_{mб}^{np}) := N\{\bar{d}_{mб}^{np}, \sigma_{d_{mб}^{np}}\} \quad (4)$$

с параметрами:

математическое ожидание

$$\bar{d}_{m.np} = \sqrt{1/\pi h_{max} t_y}, \quad \bar{d}_{mб}^{np} = 0,93\sqrt{1/\pi k_t l_b h_{max} t_y \sec \beta},$$

среднеквадратичное отклонение

$$\sigma_{d_{m.np}} = 0,33\sqrt{1/\pi h_{max} t_y}, \quad \sigma_{d_{mб}^{np}} = 0,303\sqrt{1/\pi k_t l_b h_{max} t_y \sec \beta},$$

При мощности прослойка породы, например, 5 см, режиме работы комбайна, при котором толщина среза составляет 2 см (для комбайнов типа К-101 и К-103 скорость перемещения 3,2 м/мин), и других параметрах, принятых у современных очистных комбайнов, $d_{m.np} = 2,35$ см и $d_{mб}^{np} = 4,72$ см. Тогда, согласно расчету, вероятное распределение гранулометрического состава разрушенной породы прослойка будет: примерно 25-27 % штыба (0-6 мм) и 32-35 % гранул класса 6-13 мм в первом случае, 22-23 % штыба и 12-15 % гранул класса 6-13 мм во втором случае. Наличие довольно большого объема мелких фракций породы в разрушенном угле значительно затрудняет впоследствии его обогащение. Существующие в настоящее время обогатительные машины и процессы практически не могут обогащать смешанные мелкие фракции угля и породы. Поэтому этот уголь используется не обогащенным.

В случае присечки вмещающих пород с целью обеспечения так называемой вписываемости механизированной крепи в пласт разрушение их происходит, как правило, при незначительных сечениях среза, а следовательно, и малых медианных диаметрах

гранул, что обуславливает значительное количество горной массы мелких фракций с вытекающими отсюда последствиями при ее обогащении.

При расположении прослойка по середине мощности пласта площадь сечение среза или объем, разрушаемый резцами, равны максимальным их значениям и определяются по приведенным выше зависимостям, положив $\varphi_{np} = \pi/2$. Поэтому гранулометрический (сортовой) состав породы разрушенного прослойка в этом случае улучшается. Так, для рассматриваемого выше примера $S_{cp,max} = 9 \text{ см}^2$ и $V_{p,max} = 115 \text{ см}^3$, а вероятный фракционный состав породы прослойка с учетом породы, разрушенной резцами кутковой группы, составляет: 18-20 % штыба и 12-13 % гранул класса 6-13 мм в первом и 17-19 % штыба и 9-11 % гранул класса 6-13 мм во втором случае. При этом, следует отметить, происходит значительное увеличение относительного объема гранул крупных классов, особенно, во втором случае, т.е. при разрушении пласта рабочим органом, оснащенным резцами с рабочей боковой гранью.

При разрушении прослойков, состоящих из углистых сланцев, представляющих собой ярко выраженную слоистую структуру толщиной слоя, изменяющегося в пределах нескольких миллиметров (обычно 3 – 7 мм), довольно хрупкого материала, максимальные размеры его при разрушении режущим инструментом обуславливаются параметрами резания. Тот фракционный состав углистых сланцев, который получается после погрузки его исполнительным органом комбайна на конвейер и транспортировки конвейером по лаве, относится, как правило, к мелким фракциям – порядка 0 - 13 мм.

Практически все пласты сложного строения содержат твердые минеральные, как правило, не прорезаемые из-за очень высокой сопротивляемости резанию включения. Для угольных пластов Донбасса удельное содержание твердых включений достигает 0,4 % при следующих их параметрах: площадь – 5–150 см^2 , длина – 5–25 см, высота – 1-6 см, число включений – от 10 до 120 на 100 м длины лавы [2]. Из этого следует, что встреча режущего инструмента с твердым включением относится к классу так называемых редких явлений. Это обусловлено как их незначительным объемом и относительно параметров лавы и исполнительного органа комбайна незначительными размерами, так и тем, что наличие в пласте твердых включений не является полной гарантией того, что режущий

инструмент обязательно с ним должен встретиться. Это особенно относится к резцам с рабочей боковой гранью, ширина среза которых значительно больше ширины среза резцами существующей конструкции и составляет в среднем 90 – 110 мм.

Вероятность встречи резца с твердым включением, относящаяся к редким явлениям, с достаточной для практики и понимания физической картины процесса точностью может быть описана законом Пуассона [4]

$$P_n = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (5)$$

где λ - математическое ожидание.

Характерной особенностью закона Пуассона является то, что для него математическое ожидание и дисперсия случайной величины равны между собой [4], т.е.

$$M\{CB\} = D\{CB\} = \lambda. \quad (6)$$

Здесь CB – случайная величина.

Если математическое ожидание (средняя величина) числа твердых включений на 1 м длины лавы составляет κ_m , то вероятность хотя бы одной встречи резца с твердым включением

$$P_1 = \kappa_m e^{-\kappa_m}. \quad (7)$$

Так, например, для максимальной величины математического ожидания числа твердых включений, получаемого из приведенного выше среднего числа твердых включений на 100 м лавы, и равного $1,2 \text{ м}^{-1}$, согласно (7), вероятность хотя бы одной встречи резца с твердым включением на протяжении 1 м лавы составит 0,36.

Аналогично можно определить вероятность других характеристик или параметров твердых включений, например, расположение их по мощности пласта, габаритов и т.д.

Наличие твердых включений в пласте еще не является гарантией того, что режущий инструмент обязательно должен с ними встретиться. Это относится в первую очередь к резцам с рабочей боковой гранью, параметры разрушения пласта которыми соизмеримыми и даже больше параметров (размеров) твердых включений или при разрушении пласта рабочим органом по схеме шахматного реза для резцов существующей конструкции. Это, собственно, и подтверждается приведенной величиной вероятности встречи резца с твердым включением на протяжении 1 м лавы.

При встрече резца с твердым включением последнее или выбивается из пласта, или происходит опрокидывание двигателя (или двигателей при многодвигательном приводе) исполнительного комбайна в зависимости от параметров твердого включения. И в том, и в другом случаях часть или практически вся энергия вращающихся элементов конструкции привода исполнительного органа и ротора двигателя (двигателей) расходуется на дополнительную деформацию системы привода и, как следствие, обуславливает увеличение нагрузки этой системы, происходит так называемый выброс нагрузки выше установленного для нормального режима работы комбайна уровня. Указанные явления, хотя и относятся к редким (малая вероятность встречи), являются, однако, важными для прочности указанных элементов конструкции и практически не оказывают влияния на процесс формирования гранулометрического (сортового) состава разрушенного рабочим органом комбайна угля.

Таким образом, из изложенного выше следует: формирование гранулометрического состава угля при разрушении пластов сложной структуры является случайным процессом. Особенностью этого процесса является разрушение породы и формирование ее гранулометрического состава и встречи резцов с твердыми не прорезаемыми режущим инструментом включениями. Установлено, что процесс формирования гранулометрического состава разрушаемой породы прослоек является случайным, распределение вероятностей которого не противоречит нормальному закону и на который оказывает влияние ряд факторов и в первую очередь – расположение прослойка по высоте (мощности) пласта, его мощность, тип породы и т.д. Имеющие место выбросы нагрузки, обусловленные встречей режущего инструмента с твердыми не прорезаемыми твердыми включениями, практически не оказывают влияния на формирования гранулометрического (сортового) состава угля при разрушении пластов сложного строения исполнительными органами современных очистных комбайнов.

Список источников.

1. Позин Е.З. Сопrotивляемость углей разрушению режущими инструментами. М., Наука, 1972. – 240 с.
2. Моделирование разрушения углей режущими инструментами // Ю.Д. Красников, отв. ред. М., Наука, 1981. – 181 с.
3. Формирование гранулометрического состава угля при добыче его очистными комбайнами. Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 27, серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: Донату, 2001. – с. 35-64.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Наука, 1964. – 576 с.