

ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ ГРАНИ РЕЗЦА С РАЗРУШАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ

Бойко Н.Г., докт. тех. наук., проф., Федоров О.В., аспирант,
Донецкий государственный технический университет

Описаны особенности работы режущего инструмента для очистных комбайнов, реализующего комбинированный способ разрушения массива хрупкого материала.

It is described running features of the cutting tool for mining machines realising combined method of fragile material destroying.

Добыча угля современными очистными комбайнами производится в силовом режиме — в режиме со значительными усилиями резания и относительно небольшими скоростями. Непосредственное разрушение пласта производится режущим инструментом, в качестве которого наибольшее распространение получили радиальные резцы типа ЗР4-80. Характерной особенностью этого типа резцов является: клиновидная передняя грань и практически параллельные между собой и вектору скорости резания боковые грани. Последние наклонены в сторону тыльной части резца под углом порядка 3° . Для этих резцов, как и для резцов других типов, различают: ширину режущей части, передний, задний углы, углы резания, заточки и другие геометрические параметры. При разрушении режущим инструментом угля имеет место его развал, параметры которого обуславливаются упруго-пластическими свойствами и напряженным состоянием угля. Угол развала борозды резания (рис.1а), согласно [1], составляет

$$\psi = \psi_0 + C / [h(\varphi) + h_0] - d \cdot A , \quad (1)$$

где A — сопротивляемость угля разрушению;

h — толщина среза;

ψ_0, C, h_0, d — постоянные для данного угля величины.

Развал борозды резания практически “выводит” боковые грани резца из непосредственного соприкосновения с разрушаемым углем. Разрушение угля производится путем создания в нем напряжений сжатия, превышающих предел прочности. При этом напряжения сжатия формируются как на передней, так и на задней гранях резца (рис.1б).

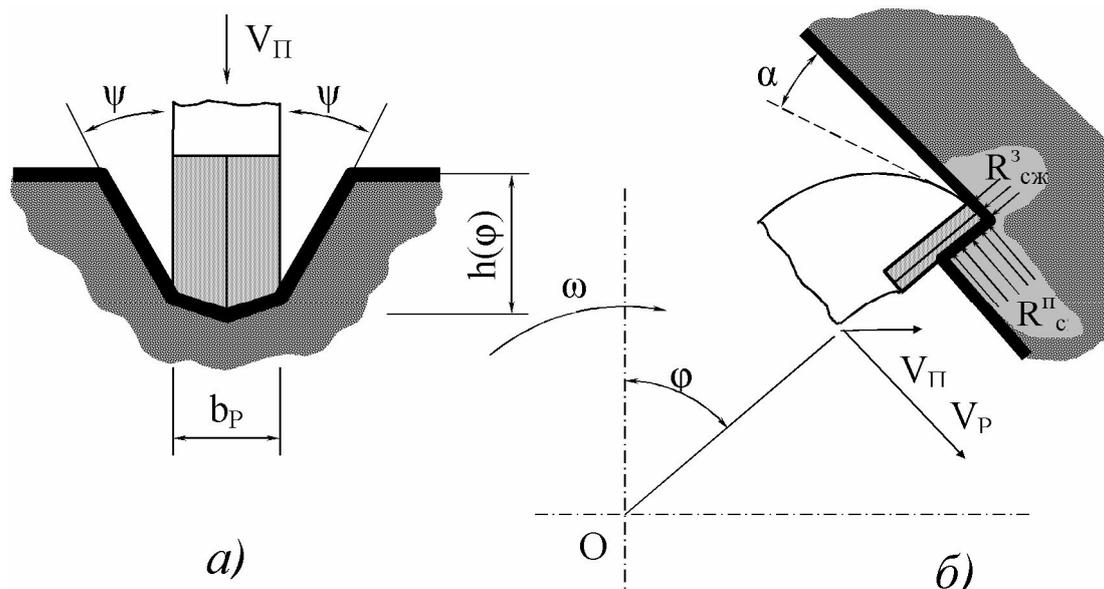


Рисунок 1 — Характер взаимодействия резцов типа ЗР4-80 с разрушаемым материалом

Силы, формирующиеся на указанных гранях резца при взаимодействии его с разрушаемым углем, зависят как от прочностных свойств последнего, так и от площади контакта резца с углем. Поскольку уголь, как разрушаемая механическим способом среда, относится к хрупким анизотропным материалам, реально процесс его разрушения режущим инструментом идет путем отделения от массива элементов, которые принято называть сколами. Об этом свидетельствуют данные специальных тензометрических исследований (рис.2). При этом возможны так называемые выколы материала, которые могут заходить вглубь массива. В этот момент силы на гранях резца уменьшаются практически до нуля.

В общем случае, как установлено [2], усилия, формирующиеся на гранях резца, представляют собой случайную многопараметрическую функцию, которая в широком диапазоне частот обладает свойством “белого шума”, т.е. процесса, дисперсия которого в широком диапазоне частот практически не зависит от частоты.

Для углей, как и для других горных пород, имеет место соотношение [3]

$$R_{СЖ} : R_{СД} : R_{РАС} = 1 : 0,2 : 0,02 , \quad (2)$$

где $R_{СЖ}$, $R_{СД}$ и $R_{РАС}$ — временное сопротивление угля сжатию, сдвигу и растяжению соответственно.

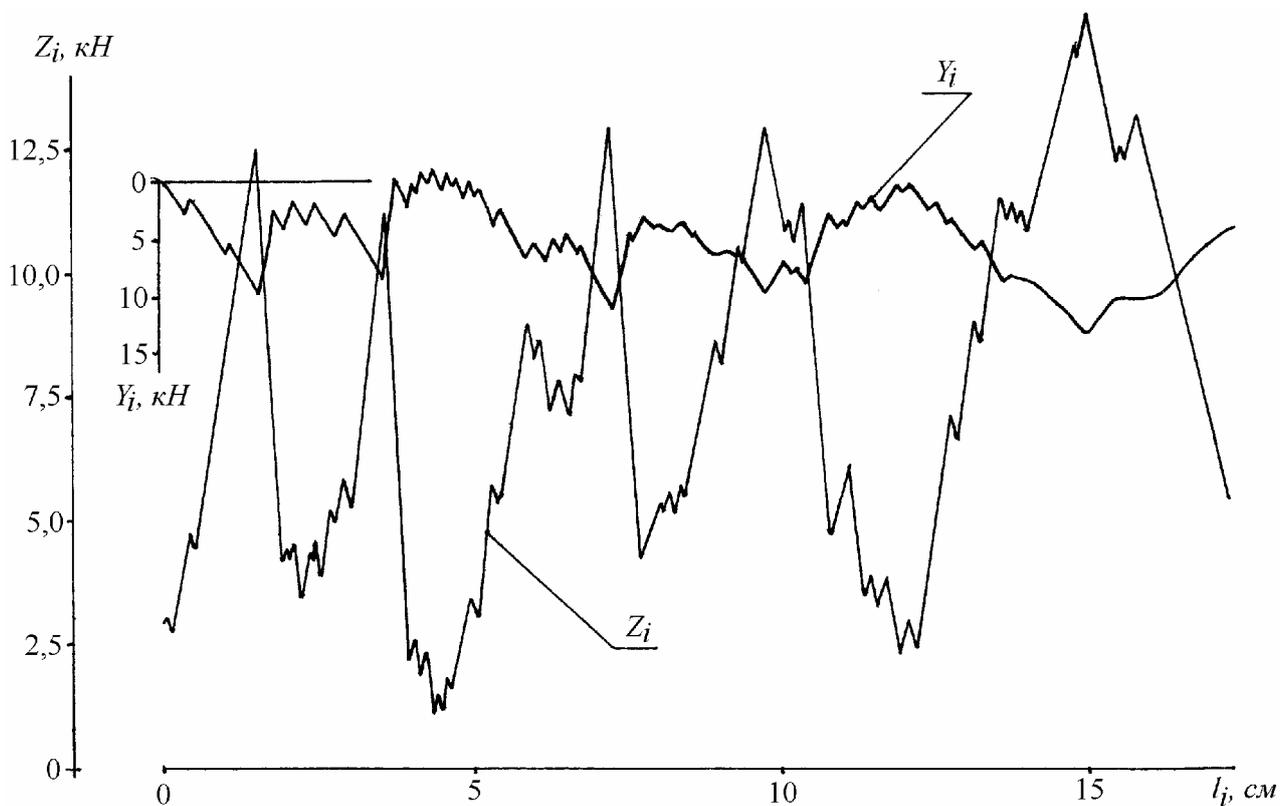


Рисунок 2 — Фрагмент осциллограммы усилий резания на резце типа Т1-125

Это обуславливает, с одной стороны, высокие удельные энергозатраты разрушения угля существующим режущим инструментом, с другой, — значительное его измельчение и образование большого количества штыба.

С целью использования свойства углей значительно меньше сопротивляться разрушению сдвигом или растяжением, чем разрушению сжатием, “введем” в процесс разрушения одну из боковых граней резца (в дальнейшем боковая рабочая грань). Для этого расположим ее под некоторым углом β к направлению вектора главного движения (рис.3а). Величина этого угла и размеры грани должны обеспечивать соприкосновение ее с массивом образующегося межщелевого целика.

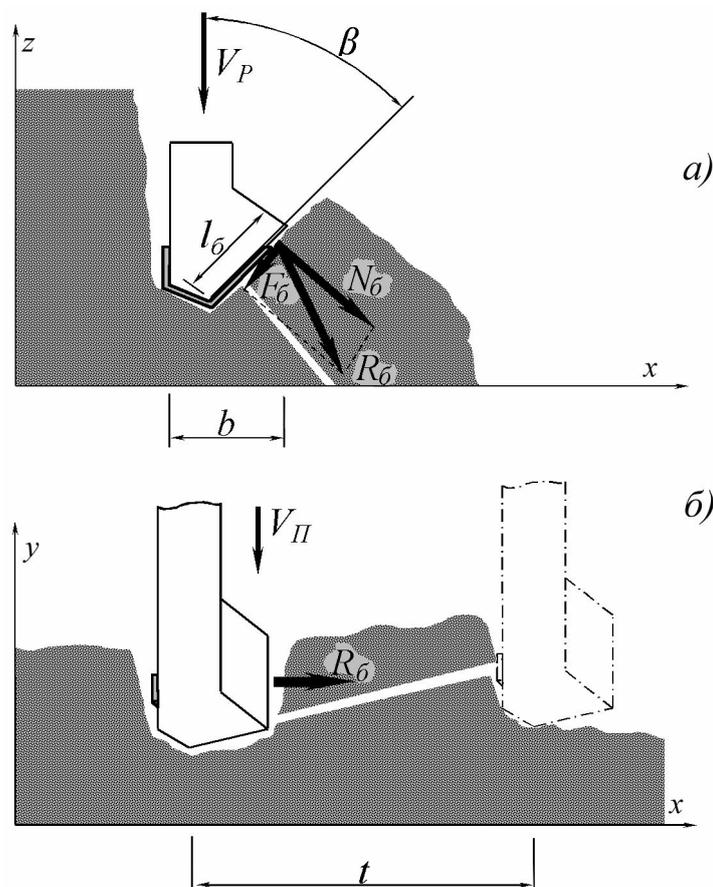


Рисунок 3 — Характер взаимодействия резца типа ЗРБ1-80 с разрушаемым материалом

В результате воздействия передней и задней граней резца рассматриваемого типа (так же, как и в случае резцов типа ЗР4-80) на материал массива в нем создаются напряжения сжатия, математическое ожидание которых, согласно [4], будет

$$R_{СЖ} = a + b \cdot A , \quad (3)$$

где a и b — постоянные для данного угля величины.

Боковая рабочая грань резца (в дальнейшем резец типа ЗРБ1-80), воздействуя на боковую поверхность межщелевого целика, разрушает его путем сдвига. Величину напряжения сдвига удобно представить в виде

$$R_{CD} = \varepsilon \cdot R_{CЖ}, \quad (4)$$

где ε — коэффициент, который согласно соотношению (1), принимает значения в пределах 0,25 ... 0,4.

Математическое ожидание нормальной к поверхности боковой рабочей грани проекции силы, формирующейся на грани в процессе разрушения целика, составляет

$$N_6 = k_D \cdot R_{CD} \cdot S_{CD}, \quad (5)$$

где k_D — коэффициент, учитывающий динамический характер изменения усилия разрушения;

S_{CD} — площадь сдвига объема разрушаемого угля.

Величина площади сдвига объема разрушаемого угля определяется из выражения

$$S_{CD} = l_6 \cdot h, \quad (6)$$

где l_6 — ширина боковой рабочей грани резца, рис. 3а.

Создаваемое в целике напряжение сдвига вызывает сколы элементов целика, геометрические параметры которых в силу указанных выше причин будут увеличены. Это должно существенно улучшить сортовой состав добытого угля.

Полное усилие резания на резце типа ЗРБ1-80 составит

$$Z_{ЗРБ} = Z_0 + f \cdot Y + (\sin\beta + f \cdot \cos\beta) N_6; \quad (7)$$

где Z_0 — величина усилия на передней грани острого резца;

Y — величина нормальной составляющей усилия на задней грани;

f — коэффициент сопротивления угля резанию;

Усилия на передней и задней гранях определим согласно [4]. Тогда с учетом зависимостей (3) ... (6) выражение (7) примет вид

$$Z_{ЗРБ} = k \cdot A \cdot h + f'(a + b \cdot A) \cdot S_3 \cdot k_{OB} + \varepsilon(a + b \cdot A) \cdot l_6 \cdot h \cdot k_D (\sin\beta + f \cdot \cos\beta), \quad (8)$$

где k — комплексный коэффициент, характеризующий постоянные в процессе резания свойства угля и параметры резца;

S_3 — величина проекции площадки затупления на плоскость резания;

k_{OB} — коэффициент объемности напряженного состояния.

Несмотря на некоторое увеличение усилия резания на одном резце (обусловленное тем, что кроме усилий, формирующихся на передней и задней гранях резца, появляется усилие на его боковой рабочей грани), общие энергозатраты разрушения угля могут быть снижены. Это объясняется тем, что увеличение шага установки резцов (до 80...100 мм, т.е. почти в два раза) позволит уменьшить их число. Обозначим $k_t = t_{ЗРБ}/t_{ЗР}$ — коэффициент увеличения шага резцов типа ЗРБ1-80 по сравнению с резцами типа ЗР4-80. Удельные энергозатраты разрушения материала резцами типов ЗР4-80 и ЗРБ1-80 составят соответственно

$$W_{ЗР} = Z_{ЗР}/S_{СР.ЗР} = Z_{ЗР}/(h \cdot t_{ЗР}), \quad (9)$$

$$W_{ЗРБ} = Z_{ЗРБ}/S_{СР.ЗРБ} = Z_{ЗРБ}/(h \cdot t_{ЗРБ}) = Z_{ЗРБ}/(h \cdot k_t \cdot t_{ЗР}), \quad (10)$$

где $S_{СР}$ — площадь среза.

Тогда соотношение удельных энергозатрат для соответствующих резцов составит

$$\frac{W_{ЗРБ}}{W_{ЗР}} = \frac{Z_{ЗРБ}}{Z_{ЗР} \cdot k_t}, \quad (11)$$

где индексами ЗРБ и ЗР помечены величины, относящиеся к резцам типов ЗРБ1-80 и ЗР4-80 соответственно.

С учетом зависимости (8) выражение (11) примет вид:

$$\frac{W_{ЗРБ}}{W_{ЗР}} = \frac{1}{k_t} \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon(a + b \cdot A) \cdot l_{\delta} \cdot h \cdot k_D \cdot (\sin \beta + f' \cdot \cos \beta)}{k \cdot A \cdot h + f' \cdot (a + b \cdot A) \cdot S_3 \cdot k_{OB}} \right). \quad (12)$$

Рассмотрим выражение (12) как функцию, аргументом которой является коэффициент k_t . Подставив согласно [4] численные значения других параметров, входящих в выражение и приняв значение сопротивляемости угля резанию $A=2000$ Н/см, получим

$$\frac{W_{ЗРБ}}{W_{ЗР}} = \frac{1,3}{k_t} \quad (13)$$

Численные значения функции при различных значениях аргумента представлены в табл.1.

Таблица 1

Относительное изменение удельных энергозатрат разрушения угля резцом типа ЗРБ по отношению к резцам типа ЗР4-80

k_t	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
$W_{ЗРБ}/W_{ЗР}$	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	0,72	0,68	0,65	0,62

Как известно, шаг установки резцов существующих конструкций определяется из условия саморазрушения межщелевого целика под действием внутреннего напряженного состояния, и для резцов типа ЗР4-80 составляет 50...55 мм. Даже при сохранении существующего подхода к определению шага установки, для резцов типа ЗРБ1-80 он должен быть увеличен в 1,5...1,6 раза. С учетом того факта, что разрушение межщелевого целика будет осуществляться боковой рабочей гранью, станет возможным еще большее увеличение шага — в 1,7...1,9 раза, т.е. до 80...100 мм. В этом случае удельные энергозатраты разрушения угля снизятся на 25...30%. Увеличение площади сечения среза и снижение напряжений, возникающих в массиве при его разрушении, дают основания полагать, что сортовой состав угля, добытого резцами типа ЗРБ1-80, будет существенно улучшен.

Список источников

1. Позин Е.З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972 г. — 238 с.
2. Исполнительные органы очистных комбайнов для тонких пологих пластов /Бойко Н.Г., Болтян А.В., Шевцов В.Г., Марков Н.А. — Донецк: “Донеччина”, 1996. — 223 с.
3. Горные машины и комплексы /Топчиев А.В. и др. — М.: Недра, 1971. — 560 с.
4. ОСТ 12.47.001-73. Отраслевой стандарт. Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика.