

6

ANALITYCZNE WYZNACZENIE ŚREDNIEJ WYTRZYMAŁOŚCI SKRAWÓW WYKONYWANYCH POPRZECZNYMI GŁOWICAMI KOMBAJNU CHODNIKOWEGO

6.1 WSTĘP

W polskim górnictwie węgla kamiennego eksploatowane są kombajny chodnikowe o zróżnicowanych wielkościach. Układy urabiania tych kombajnów wyposażone są w poprzeczne głowice urabiające z nożami stożkowymi [6]. Ze względu na ścisłe powiązanie wymiarów gabarytowych kombajnów, ich masy i całkowitej mocy zainstalowanej z wartością mocy nominalnej zainstalowanej w układzie urabiania do napędu poprzecznych głowic urabiających, wielkość kombajnów chodnikowych odnosi się do nominalnej mocy układu urabiania. Wielkość głowic (kształt pobocznic, liczba i sposób rozmieszczenia noży na pobocznicach głowicy) zależy przy tym od wielkości kombajnu chodnikowego oraz mocy zainstalowanej w jego układzie urabiania. Stereometria głowic urabiających musi być dostosowana do przewidywanej wytrzymałości skał, do urabiania których głowice są przeznaczone [1]. Zapewnienie wysokiej skuteczności procesu urabiania, jest złożonym zagadnieniem, w tym w jego energetycznym aspekcie [9], szczególnie w przypadku występowania w przekroju drążonego wyrobiska skał o mocno zróżnicowanej urabialności.

Po zawrębieniu głowic, klasyczna technologia urabiania czoła przodku poprzecznymi głowicami kombajnu chodnikowego polega na wykonywaniu skrawów równoległych do spągu [7]. Po urobieniu jednego skrawu wysięgnik jest podnoszony lub opuszczany przy ociosie chodnika by przejść do następnego skrawu górnego lub dolnego. W przypadku gdy czoło przodku drążonego wyrobiska korytarzowego tworzą warstwy skał o różnej wytrzymałości ułożone ukośnie w stosunku do spągu, skraw równoległy do spągu wykonywany głowicami poprzecznymi przecina warstwy o różnej urabialności.

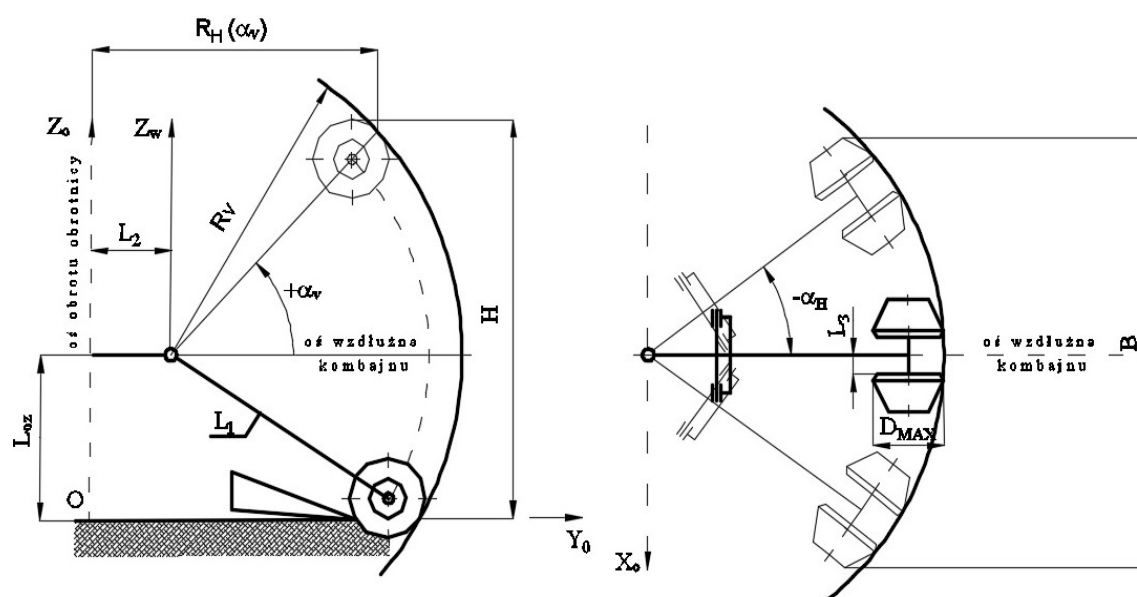
W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej prowadzone są badania możliwości obniżenia energochłonności urabiania przez odpowiednie sterowanie ruchem głowic

urabiających [2]. W obszarze badań doświadczalnych obejmują one skrawanie bloku wykonanego z materiałów ekwiwalentnych o różnej wytrzymałości na ściskanie, zbudowanego z pięciu warstw nachylonych ukośnie w stosunku do spągu. Wykonywanie skrawów równoległych do podłoża realizowane jest podczas wychylania wysięgnika w płaszczyźnie poziomej przy różnym jego ustawieniu w płaszczyźnie pionowej. Zmianie ulega przy tym kształt i parametry geometryczne wykonywanego skrawu a głowice kombajnu przecinają w tym czasie różne warstwy o określonej wytrzymałości na ściskanie.

6.2 PARAMETRY GEOMETRYCZNE SKRAWÓW WYKONYWANYCH GŁOWICAMI POPRZECZNYMI KOMBAJNU CHODNIKOWEGO

Do analizy cech geometrycznych skrawów wykonywanych poprzecznymi głowicami kombajnu chodnikowego przyjęto następujące parametry geometryczne układu urabiania kombajnu chodnikowego R-130 zainstalowanego na stanowisku badawczym (rys. 6.1):

- długość wysięgnika $L_1 = 3078$ mm,
- odległość osi obrotu wysięgnika od osi obrotu obrotnicy $L_2 = 750$ mm,
- odległość podstawy głowicy od osi wysięgnika L_3 powiększonej o odległość noży rozmieszczonych na maksymalnej średnicy głowicy od podstawy głowicy L_{Dmax} ; $L_3 + L_{Dmax} = 250$ mm,
- maksymalna średnica głowicy poprzecznej $D_{MAX} = 714$ mm,
- odległość osi obrotu wysięgnika od podłoża $L_{OZ} = 1730$ mm,
- kąt wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie prostopadłej do podłoża $\alpha_{Vmax} = +49^\circ$; $\alpha_{Vmin} = -32^\circ$,
- kąt wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie równoległej do podłoża $\alpha_H = \pm 36^\circ$



Rys. 6.1 Podstawowe parametry geometryczne układu urabiania wysięgnikowego kombajnu chodnikowego

Przed przystąpieniem do urabiania bloku z materiałów ekwiwalentnych przygotowano powierzchnię czołową bloku do postaci geometrycznej czoła przodku, które ma kształt sfery o różnych promieniach krzywizn R_H i R_V wynikających z parametrów geometrycznych układu urabiania kombajnu chodnikowego (rys. 6.2). Promień krzywizny sfery w płaszczyźnie poziomej R_H (równoległej do płaszczyzny podłoża, na którym posadowiony jest kombajn) wynika z maksymalnej odległości noży rozmieszczonych na maksymalnej średnicy głowicy poprzecznej od osi obrotu obrotnicy i opisany jest zależnością:

$$R_H = \sqrt{(L_2 + L_1 \cos \alpha_V + 0,5D_{MAX} \cos \alpha_V)^2 + L_3^2} \quad (6.1)$$

gdzie:

L_1, L_2, L_3 – parametry geometryczne wysięgnika i obrotnicy

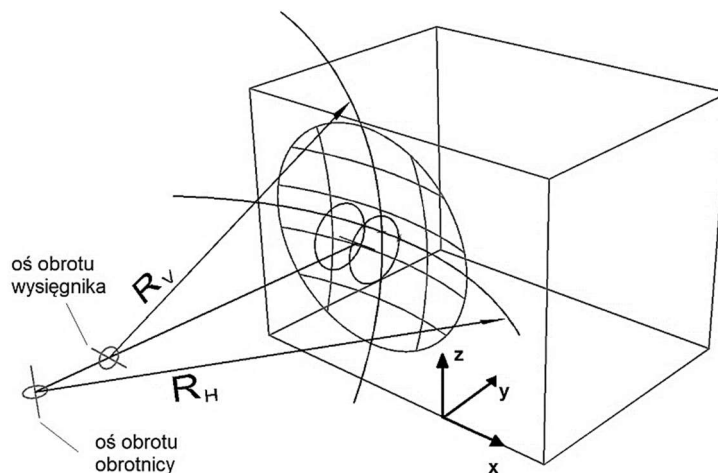
D_{MAX} – maksymalna średnica głowic urabiających mierzona po wierzchołkach ostrzy noży,

α_V – kąt wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie prostopadłej do podłoża (spągu).

Promień krzywizny sfery w płaszczyźnie poziomej jest zależny od kąta wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny podłoża a jego wartość maksymalna występuje dla $\alpha_V = 0^\circ$. Dla badanego kombajnu chodnikowego promień ten wynosi $R_{Hmax} = 4193$ mm. Promień krzywizny sfery w płaszczyźnie pionowej R_V (prostopadłej do płaszczyzny podłoża, na którym posadowiony jest kombajn) wynika z maksymalnej odległości noży rozmieszczonych na maksymalnej średnicy głowicy poprzecznej od osi obrotu wysięgnika i opisany jest zależnością:

$$R_V = \sqrt{(L_1 + 0,5D_{MAX})^2 + L_3^2} \quad (6.2)$$

Dla badanego kombajnu chodnikowego $R_V = 3443$ mm.



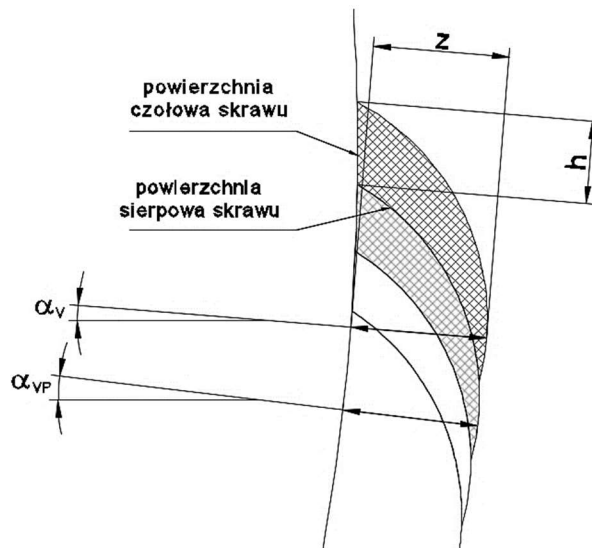
Rys. 6.2 Sferyczna powierzchnia czołowa bloku o różnych promieniach krzywizn wynikających z parametrów geometrycznych oraz kinematyki układu urabiania wysięgnikowego kombajnu chodnikowego

Po sferycznym ukształtowaniu powierzchni czołowej bloku przystąpiono do jego urabiania. W celu odwzorowania rzeczywistych warunków urabiania

kombajnem chodnikowym w wyrobiskach podziemnych, w pierwszej kolejności przystąpiono do wcinania głowic wykonując wnękę w głąb sferycznej powierzchni czołowej bloku. Przyjęto wynikowy zabiór nominalny (przesunięcie podwozia kombajnu w stronę urabianego bloku) o wartości $y_{max} = 200$ mm. Operację wcinania głowic przeprowadzono w kilku etapach skrawając kilka warstw równoległe do podłoża w dolnej części bloku. Po zakończeniu wcinania głowic przystąpiono do urabiania skrawami równoległymi do podłoża poprzez manewrowanie wysięgnikiem bez zmiany położenia podwozia kombajnu. Urabianie zrealizowano etapowo wykonując kilka skrawów równoległe do podłoża od strony lewej bloku do prawej dla różnych wartości kąta wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie pionowej α_v .

Podczas wychylania wysięgnika w płaszczyźnie prostopadłej do podłoża zmienia się promień krzywizny sfery w płaszczyźnie poziomej co ma wpływ na kształt i parametry geometryczne skrawu [8]. Ponieważ wykonywanie skrawów równoległych do podłoża wiąże się z wychylaniem wysięgnika w płaszczyźnie równoległej do podłoża przy zadanym jego ustawieniu w płaszczyźnie prostopadłej do tego podłoża, efektywny zabiór z mierzony równoległe do osi wzdłużnej wysięgnika jest zmienny (rys. 6.3), przy czym jego wartość wynosi:

$$z = \left(y_{max} \cos \alpha_v + R_v - \sqrt{R_v^2 - (y_{max} \sin \alpha_v)^2} \right) \cos \alpha_H \quad (6.3)$$



Rys. 6.3 Efektywny zabiór mierzony równoległe do osi wzdłużnej wysięgnika i wysokość wykonywanego skrawu

Wysokość wykonywanego skrawu h mierzona prostopadłe do osi wysięgnika (rys. 6.3) wynika ze zmiany kąta wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie pionowej przy wykonywaniu kolejnych skrawów i wynosi:

$$h = \sqrt{A^2 + B^2} \quad (6.4)$$

przy czym:

$$A = (R_V - z) * \cos \alpha_V - (R_V - z_P) * \cos \alpha_{VP} \quad (6.5)$$

$$B = (R_V - z) * \sin \alpha_V - (R_V - z_P) * \sin \alpha_{VP} \quad (6.6)$$

gdzie:

z_P – zabiór efektywny przy wykonywaniu skrawu poprzedniego,

z – zabiór efektywny przy wykonywaniu skrawu bieżącego,

R_V – promień krzywizny powierzchni sferycznej czoła przodku w płaszczyźnie prostopadłej do spągu,

y_{max} – maksymalne przemieszczenie kombajnu w stronę czoła przodku,

α_{VP} – kąt wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie prostopadłej do podłoża podczas wykonywania skrawu poprzedniego.

6.3 WYZNACZENIE POŁOŻENIA WYKONYWANEGO SKRAWU

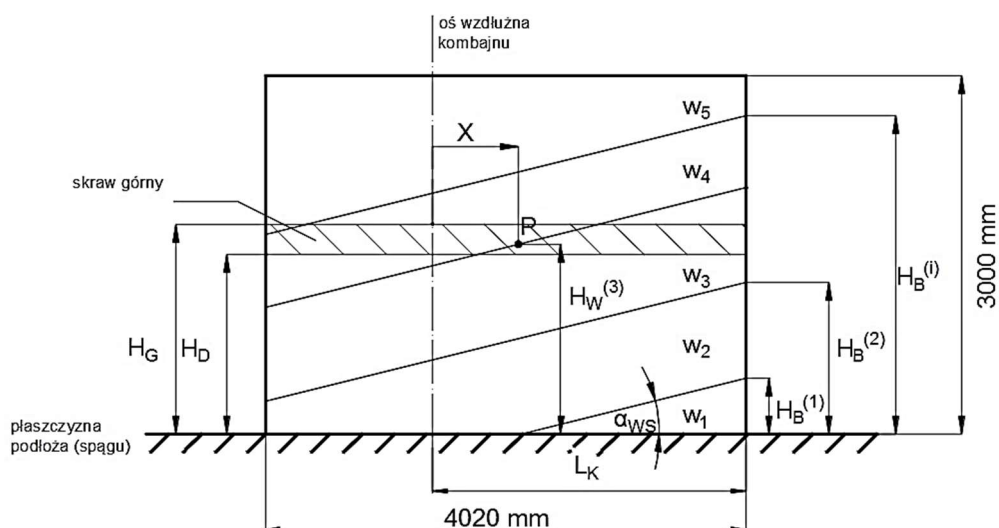
Wychylenie wysięgnika w płaszczyźnie równoległej do spągu podczas urabiania powoduje wykonywanie skrawu o wysokości h mierzonej prostopadle do osi wysięgnika i zabiorze efektywnym z mierzonym równoległe do osi wzdłużnej wysięgnika. Przejście do wykonywania kolejnego skrawu realizowane jest przez podniesienie wysięgnika (urabianie skrawu górnego), gdy $\alpha_V > \alpha_{VP}$ lub przez opuszczenie wysięgnika (urabianie skrawu dolnego), gdy $\alpha_V < \alpha_{VP}$.

W przypadku realizacji skrawu górnego (rys. 6.4) najwyżej położona krawędź górna powierzchni czołowej tego skrawu znajduje się na wysokości H_G nad spągami:

$$H_G = L_{OZ} + \left(L_1 + \frac{D_{MAX}}{2} - z \right) \sin \alpha_V + \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{MAX}}{2} - z \right)^2} \cos \alpha_V \quad (6.7)$$

gdzie:

L_{OZ} – odległość osi obrotu wysięgnika od spągu



Rys. 6.4 Położenie krawędzi skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu na tle warstw o różnej wytrzymałości

Krawędź dolna powierzchni czołowej skrawu znajduje się na wysokości H_D nad spągami:

$$H_D = H_G - h \cos \alpha_V \quad (6.8)$$

odległość X górnej krawędzi powierzchni czołowej tego skrawu od osi wzdłużnej kombajnu, mierzona w płaszczyźnie równoległej do spągu, wynosi:

$$X = \left[L_2 + \left(L_1 + \frac{D_{MAX}}{2} - z \right) \cos \alpha_V - \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{MAX}}{2} - z \right)^2} \sin \alpha_V \right] \sin(\alpha_H + \alpha_H^*) \quad (6.9)$$

przy czym:

$$\alpha_H^* = \arcsin \frac{L_3}{R_H} \quad (6.10)$$

Znajomość charakterystycznych odległości H_G , H_D i X skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu pozwala jednoznacznie określić położenie tego skrawu względem urabianych warstw skalnych w funkcji parametrów geometrycznych układu urabiania kombajnu chodnikowego oraz położenia wysięgnika kombajnu w płaszczyźnie równoległej i prostopadłej do spągu. W przypadku przejścia do wykonywania kolejnego skrawu po opuszczeniu wysięgnika (urabianie skrawu dolnego) położenie charakterystycznych krawędzi skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu wyznacza się analogicznie.

6.4 OKREŚLENIE WZAJEMNEGO POŁOŻENIA SKRAWU I WARSTW BLOKU SKALNEGO

Przeznaczony do badań blok został wykonany z materiałów ekwiwalentnych o różnej wytrzymałości na ściskanie ułożonych warstwami ukośnie w stosunku do spągu. Blok o szerokości 4020 mm i wysokości 3000 mm składa się z pięciu warstw (W1÷W5) o różnej wytrzymałości na ściskanie, nachylonych do poziomu pod kątem α_{WS} (rys. 6.4). Górna krawędź każdej warstwy z prawej strony bloku znajduje się przy tym na wysokości $H_B^{(i)}$ od spągu (gdzie i to numer warstwy), zaś kombajn chodnikowy jest ustawiony tak, że jego oś wzdłużna znajduje się w odległości L_K od prawej strony bloku. Punkt P górnej krawędzi i -tej warstwy w odległości X od osi wzdłużnej kombajnu znajduje się na wysokości $H_W^{(i)}$ od spągu:

$$H_W^{(i)} = H_B^{(i)} - (L_K - X) \sin \alpha_{WS} \quad (6.11)$$

Jeżeli w odległości X od osi wzdłużnej kombajnu położenie punktu P górnej krawędzi i -tej warstwy spełnia warunek:

$$H_D < H_W^{(i)} < H_G \quad (6.12)$$

to znaczy, że górna krawędź i -tej warstwy przecina wykonywany skraw na jego powierzchni czołowej, zaś dla:

$$H_S < H_W^{(i)} < H_D \quad (6.13)$$

gdzie odległość dolnej krawędzi powierzchni sierpowej skrawu (rys. 6.5):

$$H_S = H_G - \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{MAX}}{2} - z \right)^2} \cos \alpha_V \quad (6.14)$$

punkt P górnej krawędzi i -tej warstwy przecina wykonywany skraw na jego powierzchni sierpowej (por. rys. 6.3).

Jeżeli dla danej odległości X położenie punktu P górnej krawędzi i -tej warstwy spełnia warunek:

$$H_W^{(i)} > H_G \quad (6.15)$$

to cały przekrój poprzeczny skrawu znajduje się poniżej i -tej warstwy, zaś dla:

$$H_W^{(i)} < H_G - \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{MAX}}{2} - z\right)^2} \cos \alpha_V \quad (6.16)$$

cały przekrój poprzeczny skrawu znajduje się powyżej górnej krawędzi i -tej warstwy.

6.5 WYZNACZENIE ŚREDNIEJ WYTRZYMAŁOŚCI SKAŁ W PRZEKROJU POPRZECZNYM SKRAWU

Średnia wytrzymałość skał w przekroju poprzecznym skrawu, przez który przebiega granica warstw o różnej wytrzymałości, zależy od położenia tej granicy w przekroju poprzecznym skrawu. Przyjęto, że średnia wytrzymałość skrawu zależy od wytrzymałości urabianych warstw w proporcji do pola powierzchni skrawu położonego w danej warstwie.

Jeżeli górna krawędź i -tej warstwy przecina wykonywany skraw na jego powierzchni czołowej w odległości f od krawędzi górnej tego skrawu (rys. 6.5), dla:

$$f = \frac{H_G - H_W^{(i)}}{\cos \alpha_V} \leq h \quad (6.17)$$

to średnią wytrzymałość na ściskanie skał w przekroju poprzecznym wyznacza się w tym przypadku z zależności:

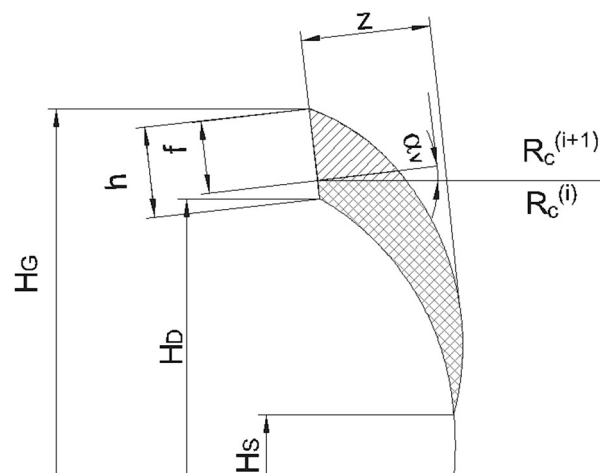
$$R_C^m = R_c^{(i+1)} \frac{S_f}{h * z} + R_c^{(i)} \left(1 - \frac{S_f}{h * z}\right) \quad (6.18)$$

przy czym:

$$S_f = \frac{S}{2} - (c - f)(z - z^*) - \frac{S^*}{2} + (z - z^*)^2 \frac{\operatorname{tg} \alpha_V}{2} \quad (6.19)$$

oraz:

$$S = \pi \left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 \frac{\alpha}{2\pi} - \left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 \frac{\sin \alpha}{2} \quad (6.20)$$



Rys. 6.5 Usytuowanie warstw skalnych w przekroju poprzecznym skrawu

Wielkości pomocnicze zawarte we wzorach (6.19) i (6.20) opisane są w następujący sposób:

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{2c}{D_{MAX}} \quad (6.21)$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{MAX}}{2} - z\right)^2} \quad (6.22)$$

$$S^* = \pi \left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 \frac{\alpha^*}{2\pi} - \left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 \frac{\sin \alpha^*}{2} \quad (6.23)$$

$$\alpha^* = 2 \arcsin \frac{2(c-f)}{D_{MAX}} \quad (6.24)$$

$$z^* = \frac{D_{MAX}}{2} - \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 - (c-f)^2} \quad (6.25)$$

Jeżeli górna krawędź i -tej warstwy przecina wykonywany skraw poniżej powierzchni czołowej na jego powierzchni sierpowej w odległości f od krawędzi górnej tego skrawu, dla:

$$f = \frac{H_G - H_W^{(i)}}{\cos \alpha_V} > h \quad (6.26)$$

to średnią wytrzymałość na ściskanie skał w przekroju poprzecznym wyznacza się w tym przypadku z zależności:

$$R_C^m = R_C^{(i+1)} \left(1 - \frac{S_r}{h z}\right) + R_C^{(i)} \frac{S_r}{h z} \quad (6.27)$$

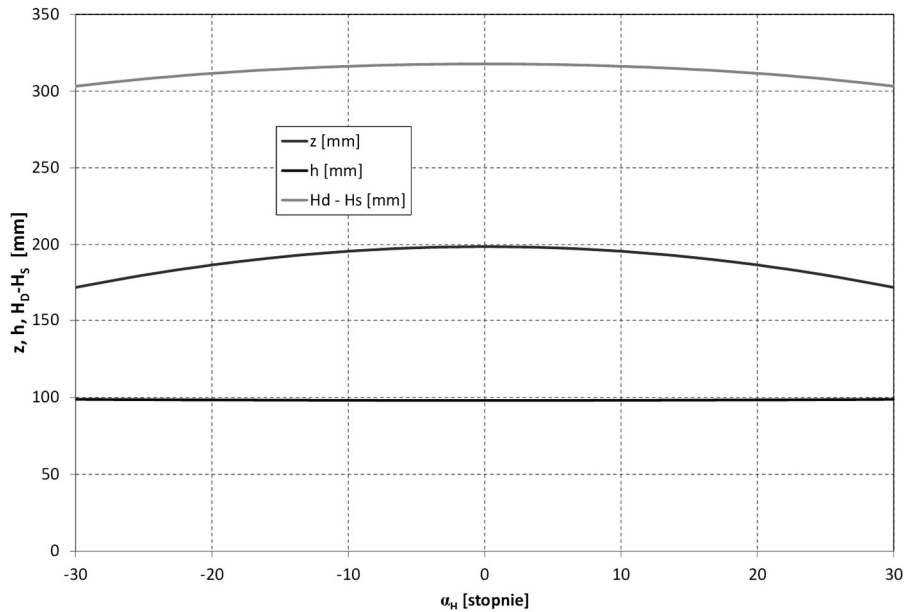
przy czym:

$$S_r = \frac{1}{2} (c-f)(z_r^* - z^*) - (z_r^* - z^*)^2 \frac{\operatorname{tg} \alpha_V}{2} \quad (6.28)$$

oraz:

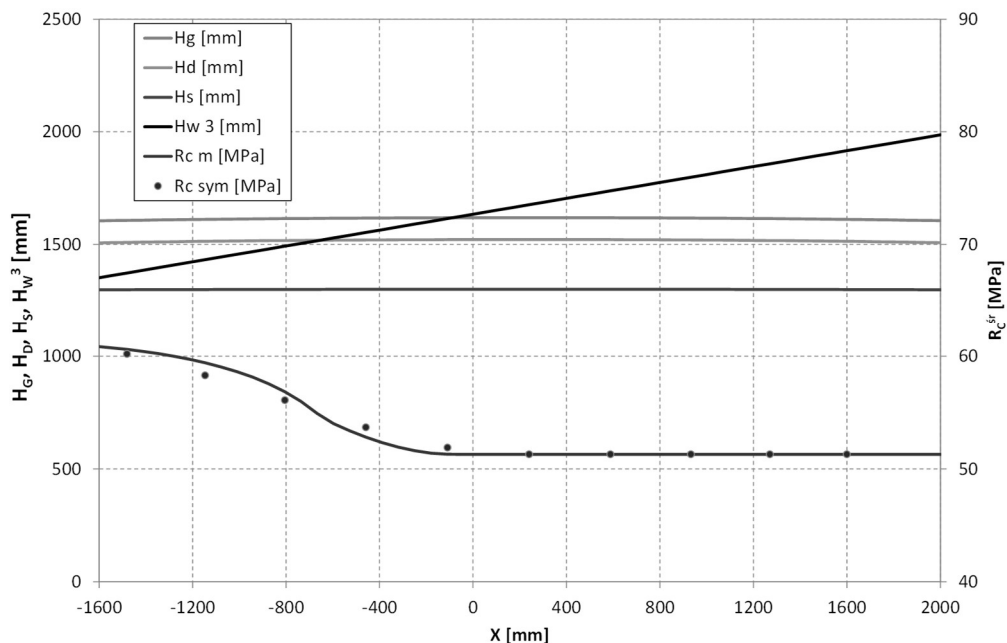
$$z_r^* = \frac{D_{MAX}}{2} - \sqrt{\left(\frac{D_{MAX}}{2}\right)^2 - (c-f+h)^2} \quad (6.29)$$

Wykorzystując wzory (18) i (27) wyznaczono średnią wytrzymałość skał w przekroju poprzecznym skrawu górnego wykonanego na stanowisku badawczym głowicami poprzecznymi kombajnu chodnikowego R-130 ustawionego w odległości $L_K = 2360$ mm od prawej strony bloku. Skraw zrealizowano podczas ruchu wysięgnika równoległe do podłoża przy nominalnym zabiorze wynoszącym $y_{\max} = 200$ mm, dla wartości kąta wychylenia wysięgnika w płaszczyźnie pionowej $\alpha_V = -6,8^\circ$ przy czym poprzedni skraw wykonano dla $\alpha_V = -8,5^\circ$. W zależności od kąta wychylenia wysięgnika kombajnu w płaszczyźnie równoległej do spągu α_H wyznaczono wartości zabioru z , wysokości skrawu na jego powierzchni czołowej h oraz odległości górnej krawędzi skrawu od dolnej krawędzi jego powierzchni sierpowej $H_D - H_s$ (rys. 6.6).



Rys. 6.6 Zmienność zabioru, wysokości skrawu na jego powierzchni czołowej oraz odległości górnej krawędzi skrawu od dolnej krawędzi jego powierzchni sierpowej

Ponieważ analizowany skraw przecina warstwę trzecią i czwartą urabianego bloku, wyznaczono położenie charakterystycznych punktów H_G , H_D i H_S skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu oraz wysokość górnej krawędzi trzeciej warstwy $H_W^{(3)}$ od spągu. Urabianie zrealizowano głowicą prawą przy wychylaniu wysięgnika od lewej do prawej strony bloku w warstwie czwartej o wytrzymałości na ściskanie wynoszącej $R_C^{(4)} = 62,1$ MPa (powyżej linii w kolorze czarnym na rys. 6.7) oraz w warstwie trzeciej o wytrzymałości na ściskanie wynoszącej $R_C^{(3)} = 51,3$ MPa (poniżej linii w kolorze czarnym na rys. 6.7).



Rys. 6.7 Położenia charakterystycznych punktów skrawu i górnej krawędzi trzeciej warstwy oraz odpowiadające im wartości średniej wytrzymałości urabianej skały

Początkowo skrawanie odbywa się głównie w warstwie czwartej i w miarę wychylania wysięgnika w prawo zwiększa się udział warstwy trzeciej w przekroju poprzecznym realizowanego skrawu. Odpowiada temu przebiegowi zmniejszanie się średniej wytrzymałości urabianej skały (linia w kolorze czerwonym na rys. 6.7). Dla $X = -98$ mm górna krawędź skrawu H_G przecina górną krawędź trzeciej warstwy i cały przekrój poprzeczny skrawu znajduje się w warstwie trzeciej. Średnia wytrzymałość skały na ściskanie ustala się więc na poziomie wytrzymałości na ściskanie trzeciej warstwy.

Komputerowe symulacje procesu urabiania kombajnami chodnikowymi realizowane są z wykorzystaniem różnych sposobów jego modelowania [4, 5]. Wyznaczone analitycznie wartości średniej wytrzymałości skały na ściskanie w analizowanym skrawie porównano z wartościami uzyskanymi z programu komputerowego służącego do symulacji procesu urabiania skał głowicami poprzecznymi [3], w którym w oparciu o projekcje skrawów wykonywanych przez noże biorące udział w skrawaniu w kolejnych ich położeniach identyfikowany jest rodzaj urabianej skały w funkcji drogi skrawania poszczególnych noży. Uzyskane z symulacji procesu urabiania średnie wartości wytrzymałości skały na ściskanie R_{Csym} (punkty w kolorze czerwonym na rys. 6.7) różnią się nieznacznie od uzyskanych z obliczeń analitycznych. Główną przyczyną tego zróżnicowania jest przyjęcie w obliczeniach analitycznych położenia wszystkich noży biorących udział w skrawaniu w płaszczyźnie wyznaczonej przez noże rozmieszczone na maksymalnej średnicy głowicy. Uzyskana dokładność obliczeń analitycznych jest jednak wystarczająca do analizy energochłonności urabiania.

6.6 PODSUMOWANIE

Prowadzone w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej badania możliwości obniżenia energochłonności urabiania przez sterowanie ruchem głowic urabiających obejmują między innymi badania doświadczalne, w których realizowane jest skrawanie bloku skalnego wykonanego z materiałów ekwiwalentnych o różnej wytrzymałości na ściskanie, zbudowanego z pięciu warstw nachylonych ukośnie w stosunku do spągu. Wykonywanie skrawów równoległych do podłoża realizowane jest podczas wychylania wysięgnika w płaszczyźnie poziomej przy różnym jego ustawieniu w płaszczyźnie pionowej. Głowice urabiające kombajnu przecinają w tym czasie warstwy o różnej wytrzymałości. Równocześnie zmienia ulega kształt i parametry geometryczne wykonywanego skrawu. Zaprezentowany sposób analitycznego wyznaczenia parametrów geometrycznych skrawów wykonywanych głowicami poprzecznymi kombajnu chodnikowego oraz identyfikacji położenia skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu wraz z uwzględnieniem położenia warstw bloku skalnego o danej wytrzymałości w stosunku do wykonywanego skrawu umożliwia wyznaczenie średniej wytrzymałości na ściskanie calizny w tym przekroju. Wyznaczone analitycznie wartości średniej wytrzymałości skały na

ściskanie, dla przykładowego wykonanego na stanowisku badawczym skrawu, porównano z wartościami uzyskanymi z programu komputerowego służącego do symulacji procesu urabiania skał głowicami poprzecznymi uzyskując zadowalającą dokładność. Znajomość średniej wytrzymałości na ściskanie calizny w obrębie skrawów wykonywanych poprzecznymi głowicami kombajnu chodnikowego oraz jej zmienności jest niezbędną w analizie energochłonności urabiania.

*Praca zrealizowana w ramach projektu pt.:
„Sterowanie ruchem głowic urabiających kombajnu chodnikowego dla potrzeb obniżenia energochłonności urabiania i obciążeń dynamicznych”
dofinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
w ramach Programu Badań Stosowanych (umowa nr PBS3/B2/15/2015).*

LITERATURA

1. M. Dolipski, P. Cheluszka. *Dynamika układu urabiania kombajnu chodnikowego*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2002.
2. M. Dolipski, P. Cheluszka, P. Sobota. „The relevance of the rotational speed of roadheader cutting heads according to the energy consumption of the cutting process.” *Archives of Mining Sciences*, vol. 58, no. 1, pp. 3-19, 2013.
3. M. Dolipski, P. Cheluszka, P. Sobota, E. Remiorz. „Computer simulation of excavation in layered rock mass with transverse cutting heads of roadheader.” *Tunnelling & Underground Space Technology*. [zgłoszone do druku]
4. O.Z. Hekimoglu, R.J. Fowell. „Theoretical and practical aspects of circumferential pick spacing on boom tunnelling machine cutting heads.” *Mining Science and Technology*, vol. 13, no. 3, pp. 257-270, 1991.
5. H. Huang, B. Lecampion, E. Detournay. „Discrete element modeling of tool-rock interaction I: Rock cutting.” *Int. Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, vol. 37, pp. 1913-1929, 2013.
6. J. Jonak. *Urabianie skał głowicami wielonarzędziowymi*. Katowice: Wydawnictwo Naukowe Śląsk, 2001.
7. K. Kotwica, A. Klich. *Maszyny i urządzenia do drążenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych*. Gliwice: ITG Komag, 2011.
8. P. Sobota. „Wpływ technologii urabiania na wydajność kombajnu chodnikowego.” *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo*, z. 286, pp. 245-254, 2008.
9. M. Vorona. „Optimierung des Schneidprozesses und Prognose der relevanten Arbeitsgrößen bei der Gesteinszerstörung unter Berücksichtigung des Meißelverschleißes.” Ph.D. dissertation, TU Bergakademie, Freiberg, 2012.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2016

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2017

dr hab. inż. Piotr Cheluszka, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Mechanizacji Górnictwa
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: piotr.cheluszka@polslo.pl

dr inż. Piotr Sobota
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Mechanizacji Górnictwa
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: piotr.sobota@polsl.pl

mgr inż. Anna Bujnowska
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Mechanizacji Górnictwa
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: anna.bujnowska@polsl.pl

ANALITYCZNE WYZNACZENIE ŚREDNIEJ WYTRZYMAŁOŚCI SKRAWÓW WYKONYWANYCH POPRZECZNYMI GŁOWICAMI KOMBAJNU CHODNIKOWEGO

Streszczenie: *Prowadzone w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej badania możliwości obniżenia energochłonności urabiania przez sterowanie ruchem głowic urabiających obejmują skrawanie bloku wykonanego z materiałów ekwiwalentnych o różnej wytrzymałości na ściskanie zbudowanego z pięciu warstw nachylonych ukośnie w stosunku do spągu. W artykule przedstawiono sposób analitycznego wyznaczenia parametrów geometrycznych skrawów wykonywanych głowicami poprzecznymi kombajnu chodnikowego oraz położenia skrawu względem spągu i osi wzdłużnej kombajnu. Umożliwia to wyznaczenie granicy warstw w przekroju poprzecznym skrawu a tym samym średniej wytrzymałości skały w tym przekroju. Wykonano przykładowe obliczenia średniej wytrzymałości skrawu zrealizowanego na stanowisku badawczym.*

Słowa kluczowe: *kombajn, proces skrawania, geometria kawałków, masa skalna z warstwową strukturą, określenie średniej wytrzymałości skał skrawanych*

ANALYTICAL DETERMINATION OF THE AVERAGE STRENGTH OF CUTS MADE WITH TRANSVERSE HEADS OF ROADHEADER

Abstract: *The research conducted at the Institute of Mining Mechanisation, Faculty of Mining and Geology, Silesian University of Technology pertaining to reduction of energy consumption of cutting by controlled movement of cutting heads include the cutting of a rock block made of equivalent materials with various compressive strength, made of five layers inclined diagonally in relation to the floor. The article presents a method of analytical determination of geometrical parameters of cuts made with transverse heads of a roadheader and of the cut position relative to the floor and to the boom's longitudinal axis. This enables to determine the limit of layers in the cut cross section, hence the average compressive strength of rock in this cross section. The examples of calculations of average strength of cut performed on a test station were made.*

Key words: *roadheader, cutting process, geometry of cuts, rock mass with layered structure, determination of average strength of cut rocks*