ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: GÓRNICTWO z. 270 Nr kol. 1698

Piotr GŁUCH
Politechnika Śląska Gliwice

SIATKI ŁAŃCUCHOWO-WĘZŁOWE DLA OPINKI OBUDOWY PODPOROWEJ I PODPOROWO-KOTWIOWEJ

Streszczenie. W artykule omówiono rozwiązania siatek okładzinowych zgrzewanych stosowanych do opinki obudowy górniczej podporowej i podporowo-kotwiowej. Stosowane dotychczas powszechnie konstrukcje siatek zgrzewanych zaczepowych w warunkach dużej głębokości eksploatacji nie zdają egzaminu wskutek nadmiernej podatności przy niewystarczającej nośności. Przedstawiono rozwiązania siatek łańcuchowo-węzłowych, zapewniają nie tylko pracę siatki jako belki zginanej między odrzwiami, ale również jako cięgna sztywnego po wystąpieniu znacznego ugięcia siatki. Istotnego znaczenia dla jej nośności nabiera rozwiązanie węzła łączącego pręty siatki. Badania siatek łańcuchowo-węzłowych przy zwiększonych rozstawach odrzwi powinny obejmować określanie nośności węzłów łączących siatki w kierunku podłużnym i poprzecznym.

CHAIN-TYPE NETS USED FOR LAGGING OF STANDING AND ROOF-BOLTING SUPPORTS

Summary. In this paper the application of welded nets for lagging of standing and roof-bolting supports has been described.The generally applicated, welded hitch-type nets are because of their excessive flexibility by unsufficient load capacity not usable. The presented chain-type nets prvide not only its work as a beam bended between the frames but also as a string after remarable deflection of the net. In this case for the whole load capacity very important is the solution of the connection of the net rods. The tests of chain-type nets by increased frameintervals shall contain the determination of the load caoacity of the net connections in both directions – legthwise and crosswise

1. Wstęp

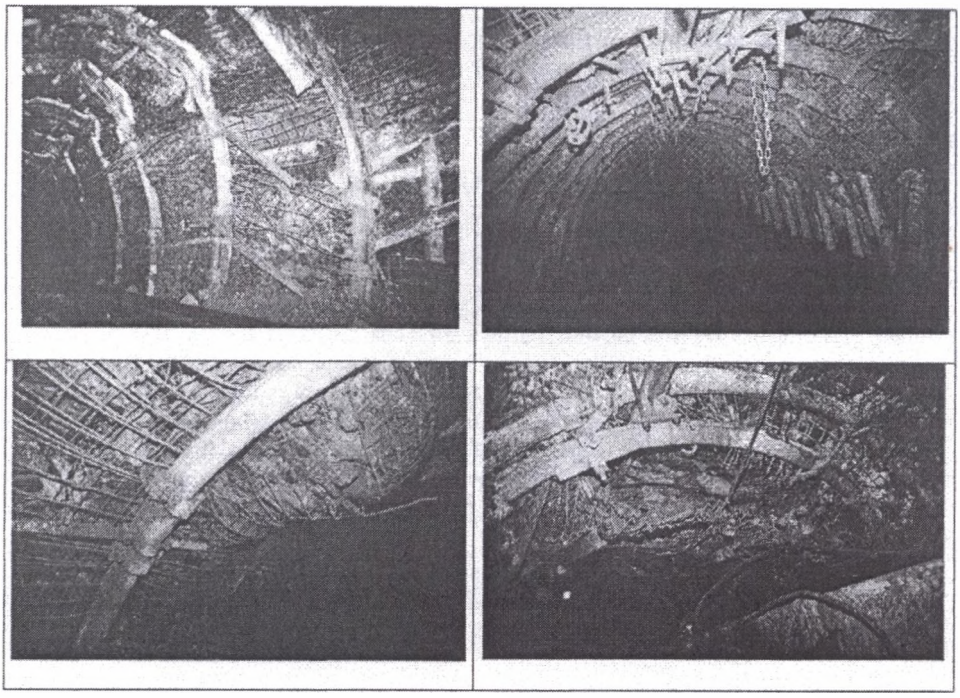
Stosowane powszechnie do opinki obudowy podporowej w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego siatki okładzinowe zgrzewane muszą spełniać wymagania określone

w normie PN-G-15050 z 1996 r. „Obudowa wyrobisk górniczych. Siatki okładzinowe zgrzewane".

Powszechne zastosowanie w kopalniach znalazły siatki okładzinowe typu zaczepowego, których konstrukcja polega na współpracy poprzez zaczepy wykonane na prętach podłużnych z kształtownikiem obudowy podporowej.

Podstawowym mankamentem siatek okładzinowych zgrzewanych jest ich stosunkowo mała wytrzymałość na zginanie, wynikająca z braku powiązania siatek między sobą, a oparcie się jedynie końca siatki o kołnierz kształtownika obudowy. W trudnych warunkach geologiczno-górniczych, przy działaniu wzmożonych ciśnień górotworu, siatki te nie zabezpieczają w sposób prawidłowy ociosu skalnego chodnika i tym samym wpływają bardzo niekorzystnie na stateczność obudowy i całego chodnika. Przykłady niektórych deformacji siatek przedstawiono na rys. 1.

Stale rosnąca głębokość eksploatacji i pogarszające się warunki geologiczno-górnicze powodują, że poszukiwane są nowe rozwiązania konstrukcji siatek, które eliminowałyby wady siatek zaczepowych.



Rys. 1. Przykłady deformacji siatek zgrzewanych zaczepowych w chodnikach przyścianowych
Fig. 1. Examples of deformation of welded hitch-type nets in road ways and entries

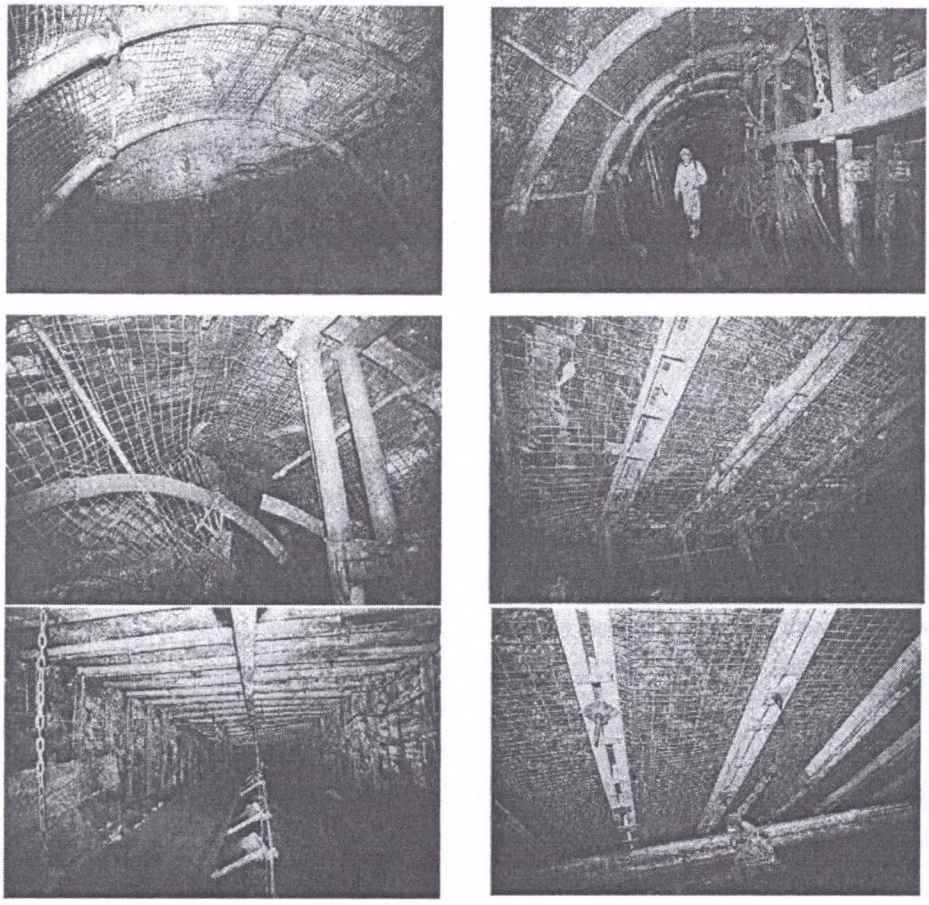
Stosowane w kopalniach obudowy podporowo-kotwiowe z przykotwianiem odrzwi lub z kotwieniem miedzy odrzwiami powoduje, że również dla tych konstrukcji zastosowanie nowych rozwiązań siatek zgrzewanych okładzinowych jest bardzo celowe.

2. Zalety siatek łańcuchowych i łańcuchowo-węzłowych

Siatki łańcuchowe i łańcuchowo-węzłowe stanowią rozwiązanie polegające na wzajemnym połączeniu siatek ze sobą w podłużną wieloprzęsłową taśmę (łańcuch) za pomocą zagięć lub specjalnie ukształtowanych końców prętów podłużnych, tak aby utworzyć ich ciąg w postaci łańcucha. Tego typu rozwiązanie przy jego poprawnym wykonaniu pozwala przejmować siatce obciążenie nawet, gdy obudowa ulegnie np. upodatnieniu lub niekontrolowanemu przemieszczeniu. Połączenie poszczególnych siatek w jeden ciąg (wytrzymały łańcuch) pozwala wykorzystać w sposób właściwy nośność drutów, z których jest wykonana siatka, tak aby zapewnić bezpieczne warunki równowagi górotworu wokół wyrobiska. Szerokie zastosowanie, jak i opis własności siatek łańcuchowych typu „bw" stosowanych w kopalniach węgla kamiennego omówiono w artykule [1].

Siatki łańcuchowe i łańcuchowo-węzłowe pozwalają w wielu warunkach geologiczno-górniczych zwiększyć rozstaw odrzwi obudowy podporowej, zwłaszcza przy wykonywaniu wyrobiska w obudowie podporowo-kotwiowej. Tradycyjne rozstawy obudów odrzwiowych, które maksymalnie dochodzą do 1 m przy wykorzystaniu siatek łączonych i kotwienia między odrzwiami obudowy mogą zostać znacznie zwiększone. Rozwiązane przez autora projekty budów podporowo-kotwiowych o rozstawie odrzwi co 1,5 m w odrzwiach obudowy ŁP10/V29/4/A i ŁP9/V29/4/A oraz obudowy proste w dowierzchniach ścianowych i chodnikach przyścianowych w warunkach kopalni „Knurów" i „Zofiówka", pozwoliły zachować stateczność wyrobisk w każdej fazie istnienia wyrobiska. Przykładowe fragmenty zastosowanych rozwiązań przedstawiono na rysunku 2.

Podstawowa zaleta siatek łańcuchowych i łańcuchowo-węzłowych, polegająca na stworzeniu wytrzymałego łańcucha siatek, znalazła swoje potwierdzenie przy wyzbrajaniu ścian, gdzie siatki takie budowane w stropie pełnią funkcję obudowy tymczasowej przy wyciąganiu poszczególnych sekcji. Przy zastosowaniu siatek na długości stropnicy oraz osłony odzawałowej uzyskuje się wielokrotne zwiększenie bezpieczeństwa przed opadem luźnego stropu czy staczaniem się brył skalnych od strony zawału.



Rys. 2. Przykłady wykorzystania siatek łańcuchowych („bw") w przecinkach i chodnikach przyścianowych w obudowach podporo-kotwiowych
Fig. 2. Examples of application of chain-type nets ("bw") in roof-bolting and standing supports of face entries

3. Praca siatki jako belki zginanej

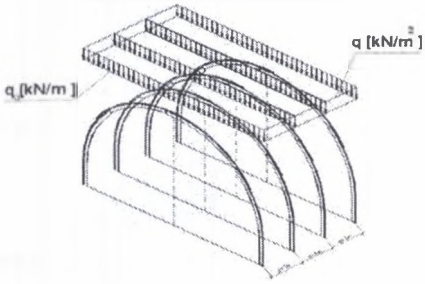
Generalnie obudowy górnicze podporowe wykonane z kształtowników korytkowych przenoszą obciążenie poprzez opinkę. Działające na opinkę obciążenie rozkłada się na odrzwia obudowy powodując ich deformacje (przemieszczenia na połączeniach łuków). Teoretycznie wytrzymałość siatek powinna pozwolić przenosić obciążenie działające na obudowę. Dla przestrzennego modelu pracy obudowy, przy założeniu działania na nią obciążenia równomiernego w jednostkach ciśnienia q [kN/m^2], odrzwia obudowy, dzięki opince, przenoszą obciążenie na swojej szerokości q_o w [kN/m].

Przy rozstawie odrzwi d = 1 m, wartości tych obciążeń są jednakowe. Zaś przy innym rozstawie, zależność między obciążeniami ma postać:

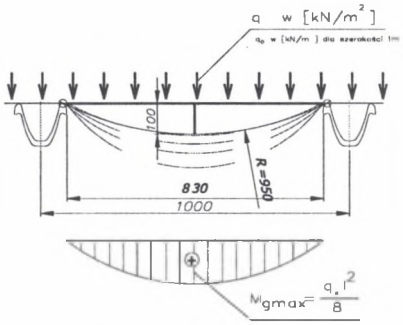
$$q_o = q \cdot d \tag{1}$$

Schematycznie działające obciążenia przedstawiono na rysunku 3.

Obciążenie działające na siatkę zgrzewaną zabudowaną za odrzwiami można przedstawić jak na rysunku 4.



Rys. 3. Schemat modelu obciążenia działającego na obudowę górniczą
Fig. 3. Schematic diagram of the load model acting on the support



Rys. 4. Zginana siatka między odrzwiami obudowy
Fig. 4. The net bended between the support frames

Wychodząc z maksymalnego momentu M_{gmax}, jaki może przejąć siatka okładzinowa zgrzewana, można dla danego obciążenia działającego na obudowę dobrać jej rodzaj (lekka czy ciężka). Uwzględniając, że w wyrobiskach górniczych mamy do czynienia ze zróżnicowanymi warunkami geologiczno-górniczymi, wartości obciążeń działających na obudowę podporową mają szeroki zakres. Przyjmując praktycznie, że wynoszą one od 10 do 500 kN/m^2, tj. od 1 do 50 T/m^2 na rys. 5, przedstawiono wykres obciążenia w funkcji momentu zginającego przy rozstawach odrzwi: 1,5 m, 1,25 m, 1 m, 0,75 m, 0,5 m wykonanych z kształtownika V36. We wzorze na moment zginający wartość l, zgodnie ze schematem na rys. 4 wynosiła $l = d - 0{,}17$ m.

Z punku widzenia wytrzymałości siatki okładzinowej jako elementu belkowego przenoszącego określony moment zginający M_g, które wymaganą wartość dla siatek określanych jako ciężkie przyjmuje się na poziomie 6,25 kN·m. Według normy [5] dla działających w wyrobiskach górniczych obciążeń wymagane jest stosowanie siatek o wysokich parametrach wytrzymałościowych.

Stawiane przez kopalnie w praktyce wysokie wymagania odnośnie do przenoszenia przez siatki okładzinowe zgrzewane wysokich momentów zginających (powyżej 10 kN·m) z punktu widzenia teoretycznego nie są realnie do spełnienia. Teoretyczny maksymalny moment

zginający w stanie pełnego uplastycznienia przekroju pręta dla siatki traktowanej jak belka wyraża zależność

$$M_{gmax} = R_m \cdot W_{pl} \tag{2}$$

gdzie:

R_m – wytrzymałość w stanie pełnego uplastycznienia przekroju pręta,

W_{pl} – plastyczny wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu, który dla przekroju kołowego wynosi $W_{pl} = 1{,}7 \cdot 0{,}1 \cdot d^3$,

d – średnica pręta podłużnego siatki.

Dla siatki wykonanej z prętów podłużnych o średnicy 10 mm w liczbie 6 sztuk (siatka o szerokości 0,5 m) i maksymalnej wytrzymałości R_m = 750 MPa wg [5] wartość przenoszonego momentu wynosi:

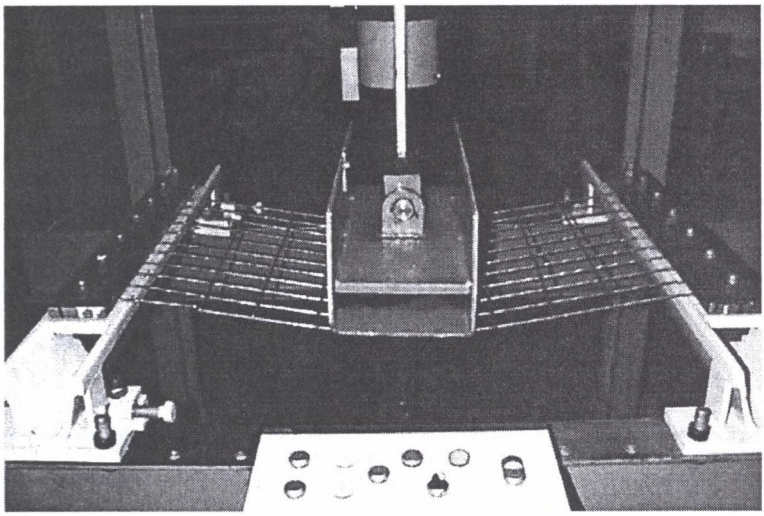
$$M_{gmax} = 6 \cdot 750 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}1 \cdot 10^3 = 76500 \text{ N·m} = 0{,}765 \text{ kN·m},$$

co praktycznie oznacza, że siatka taka nie jest w stanie spełnić wymogu przeniesienia momentu 6,25 kN·m wymaganego normą [5], mimo że jest zaliczana do siatek typu ciężkiego.

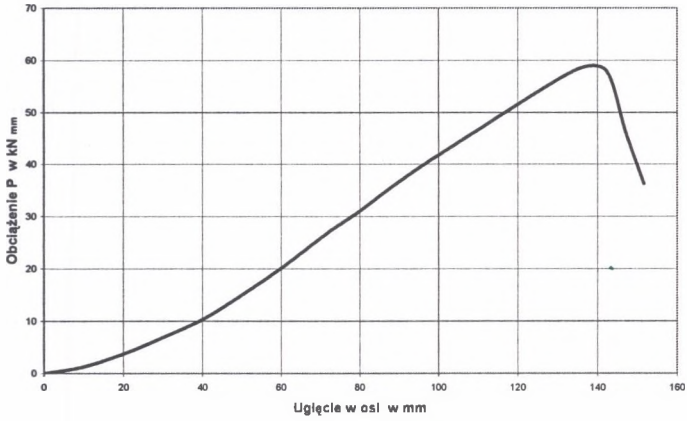
4. Praca siatki jako cięgna stalowego

W wyniku działającego obciążenia siatka ze swojego kształtu belki prostej przechodzi w stan, który przy ugięciu f mm między podporami staje się układem statycznym o nowej konstrukcji. W najprostszym schemacie statycznym siatka staje się cięgnem wiotkim.

Badania siatek na stanowiskach badawczych odzwierciedlających jej pracę w konstrukcji obudowy i spełniające równocześnie wymagania normy [5] pozwalają stwierdzić, że pod wpływem działającego obciążenia siatka doznaje znacznych ugięć, które w fazie jej zniszczenia znacznie przekraczają wartość 100 mm. Przykładowy widok ugiętej siatki w stanowisku badawczym przedstawiono na rys. 5, a przykładową charakterystykę pracy siatki łańcuchowo-węzłowej w funkcji obciążenia i ugięcie w osi przedstawiono na rysunku 6.



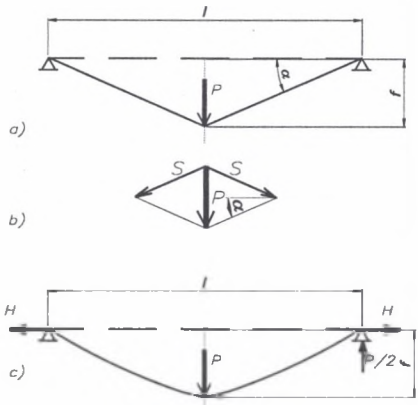
Rys. 5. Widok ugiętej siatki okładzinowej zgrzewanej w stanowisku badawczym na zginanie
Fig. 5. Deflected welded net of the lining on the test stand for bending



Rys. 6. Przykładowa charakterystyka pracy siatki łańcuchowo-węzłowej w funkcji obciążenie i ugięcia w osi z badań na stanowisku według rysunku 5
Fig. 6. Exemplary work characteristic of the chain-type net as a function of load and deflection in the axis – on the test stand, see fig. 5

W schemacie statycznym pracy siatki (rys.7) przy obciążeniu siłą skupioną P i wystąpieniu ugięcia f, zależność między siłą podłużną S działającą w prętach podłużnych można obliczyć zależnością (3).

$$P = 2 \cdot S \cdot \sin\alpha \tag{3}$$



Rys. 7a. Schemat siatki traktowanej jako cięgno wiotkie obciążone siłą skupioną w środku rozpiętości
Rys.7b. Równoległobok sił w siatce
Rys. 7c. Schemat siatki pracującej jako cięgno sztywne obciążonej siłą skupioną w środku rozpiętości
Fig. 7a. Net diagram treated as a pullrod (slender) loaded by a concentrated force
Fig. 7b. Force parallelogram
Fig. 7c. Net diagram treated as a pullrod (rigid) loaded by a concentrated force

gdzie:

S – siła podłużna w prętach siatki wyrażona w stanie pełnego uplastycznienia wzorem (4)

$$S_{pl} = n_p \cdot F_p \cdot R_m$$

n_p – liczba prętów podłużnych w siatce (przy szerokości 0,5 m wynosi ona 6 szt. przy rozstawie prętów podłużnych co 100 mm lub 11 sztuk przy rozstawie prętów podłużnych co 50 mm),
F_p – przekrój pojedynczego pręta podłużnego,
R_m – wytrzymałość graniczna stali pręta na rozciąganie,
α – kąt odchylenia siatki od poziomu,
$\alpha = \mathrm{arctg}\ 2f/l$,

Dla siatki pracującej jako cięgno sztywne obciążone siłą skupioną w środku rozpiętości (rys.7c) moment zginający działający w połowie rozpiętości podpór wyraża zależność (5)

$$M_g = P \cdot l/4 - H \cdot f \tag{5}$$

Wprowadzając oznaczenia pomocnicze do wzoru (5) można zapisać go w postaci:

$$M_g = M^P - M^H \tag{5.1.}$$

gdzie:

M^P - moment od obciążenia pionowego,

M^H - moment od reakcji poziomej.

Uwzględniając, że przekrój siatki sztywnej w środku rozpiętości poddany jest mimośrodowemu rozciąganiu siłą H na mimośrodzie

$$e = \frac{P \cdot l}{4H} - f \tag{6}$$

Zakładając pełne uplastycznienie strefy rozciągane i ściskanej przekroju prętów podłużnych siła podłużna H może być wyrażona wzorem :

$$H \cong \delta d \cdot R_m \tag{7}$$

gdzie:

δ – wysokość strefy pręta przejmującej działanie siły H,

d – średnica pręta (w uproszczeniu założone, że d na wysokości δ ma stałą wartość.

Moment plastyczny w przekroju określa zależność (8)

$$M_{pl} = d^3 \cdot R_m / 6 - H \cdot \delta / 2 \tag{8}$$

Z przyrównania momentów zależność na strzałkę ugięcia siatki usztywnionej ma postać wzoru (9)

$$f = \frac{Pl}{4H} - \frac{d^3 \cdot R_m}{6H} + \frac{\delta}{2} \tag{9}$$

Wzór (9) wyprowadzono przy konsultacji dr inż. Andrzeja Wojtusiaka.

Dla przypadku traktowania siatki jako cięgna wiotkiego analogiczna zależność ma postać wzoru (10)

$$f = \frac{Pl}{4H} \tag{10}$$

Przy założeniu, że siatka okładzinowa zgrzewana w uproszczeniu po dostatecznie dużym odkształceniu pracuje jak cięgno wiotkie obciążone równomiernie obciążeniem q można na podstawie [6] maksymalne naprężenia w prętach określić wzorem:

$$\sigma_{max} = \frac{S_{max}}{A} = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot f \cdot A \cdot \cos\alpha} \tag{11}$$

Wzorem (11) obliczono wartości naprężeń maksymalnych (podane w tablicy 1) jakie wystąpią w prętach podłużnych siatek zgrzewanych przy średnicach 6,7,8,9,10 mm przy 6 do 11 prętów w siatce, rozpiętości podpór 1 m i strzałce f = 0,1m przy szerokości obliczeniowej 1m w zależności od działającego obciążenia.

Uwzględniając dopuszczalne zakresy wielkości naprężeń w prętach podłużnych siatek zgrzewanych, które powinny zawierać się w przedziale od 540 do 750 MPa według normy [5], przy założeniu określonego współczynnika bezpieczeństwa, należy stwierdzić, że przy obciążeniu w przedziale:

- do 50 kN/m^2 średnice prętów podłużnych siatek mogą wynosić 6 mm,
- od 50 do 150 kN/m^2 średnice prętów podłużnych siatek mogą zawierać się w przedziale od 6 do 7mm, przy czym minimum średnicę 6 mm powinny mieć siatki o rozstawie oczek 50x100mm,

- od 150 do 250 kN/m^2 średnice prętów podłużnych siatek mogą zawierać się w przedziale od 7 do 8mm, przy czym przy średnicy 7 mm powinny być stosowane siatki o rozstawie oczek 50x100mm, Siatki o oczkach 100x100mm przy średnicy pręta 7mm mają za mały współczynnik bezpieczeństwa dla powyższych przedziałów obciążenia,
- od 200 do 350 kN/m^2 średnice prętów podłużnych siatek mogą zawierać się w przedziale od 8 do 9mm, przy czym przy średnicy 8 mm powinny być stosowane siatki o rozstawie oczek 50x100, Siatki o oczkach 100x100 przy średnicy pręta 8mm mają za mały współczynnik bezpieczeństwa dla powyższych przedziałów obciążenia.

Tablica 1

Przybliżone wartości naprężeń występujących w prętach podłużnych siatki

Obciążenie q w kN/m^2	Średnica prętów podłużnych d_l = 6 mm		Średnica prętów podłużnych d_l = 7 mm		Średnica prętów podłużnych d_l = 8 mm		Średnica prętów podłużnych d_l = 9 mm		Średnica prętów podłużnych d_l = 10 mm	
	Siatka 100×100 naprężenie w MPa	Siatka 50×100 naprężenie w MPa	Siatka 100×100 naprężenie w MPa	Siatka 50×100 naprężenie w MPa	Siatka 100×100 naprężenie w MPa	Siatka 50××00 naprężenie w MPa	Siatka 100x100 naprężenie w MPa	Siatka 50×100 naprężenie w MPa	Siatka 100×100 naprężenie w MPa	Siatka 50×100 naprężenie w MPa
50	188	103	138	75	106	58	83	46	68	37
100	376	205	276	151	211	115	167	91	135	74
150	564	308	414	226	317	173	250	137	203	111
200	752	410	552	301	423	231	333	182	271	148
250	940	513	690	377	529	288	417	228	338	185
300	1128	615	828	452	634	346	500	273	406	221
350	1316	718	967	527	740	404	583	319	474	258
400	1504	820	1105	603	846	461	666	364	541	295
450	1691	923	1243	678	951	519	750	410	609	332
500	1879	1025	1381	753	1057	577	833	456	677	369

Przy obciążeniach > 350 kN/m^2 należy stosować siatki z prętów podłużnych o średnicy nie mniejszej od 9 mm, a korzystnie 10 mm. Stale zwiększająca się głębokość eksploatacji może prowadzić do podejmowania prób poszukiwania siatek zgrzewanych o większych średnicach prętów podłużnych.

5. Węzły prętów podłużnych siatki

Popularne rozwiązania siatek zgrzewanych obejmują kilka ich odmian, do których należy zaliczyć między innymi:

- siatki zgrzewane zaczepowe zwane również hakowymi (siatki te nie są godne polecania i powinny być eliminowane z górnictwa węgla kamiennego),

- siatki łańcuchowe, łańcuchowo-węzłowe powinny być tak skonstruowane, aby połączenie prętów podłużnych siatek między sobą miało nośność nie mniejszą od nośności prętów podłużnych.

Praktycznie nośność połączenia siatek łańcuchowych określa związek

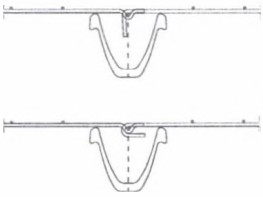
$$N_{poł} = k_{poł} \cdot N_p \tag{12}$$

gdzie :

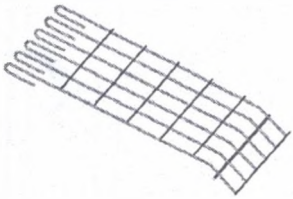
$N_{poł}$ – nośność połączenia prętów podłużnych,

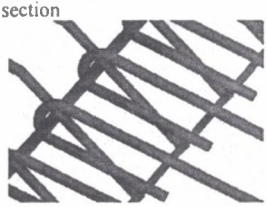
$k_{poł}$ – współczynnik nośności połączenia siatki

N_p – nośność prętów podłużnych.



Rys. 8. Przykład rozwiązania siatki łańcuchowo zaczepowej łączonej wewnątrz kształtownika
Fig. 8. Example of application of chain-type net bond in the section





Rys. 9. Rozwiązanie siatki łańcuchowo - węzłowej typu „bw" [1] wraz z połączeniem prętów podłużnych za pomocą haków pionowych i pręta zaczepowego dolnego pozwalające na samozaciskanie się węzła łączącego siatki przy wystąpieniu obciążenia górotworu
Fig. 9. Chain-type net type "bw" [1] and the fastening of the lengths-rods by vertical hooks and a hitch rod what leads tea self-clamping of the net joint in case of loading by the rock-mass

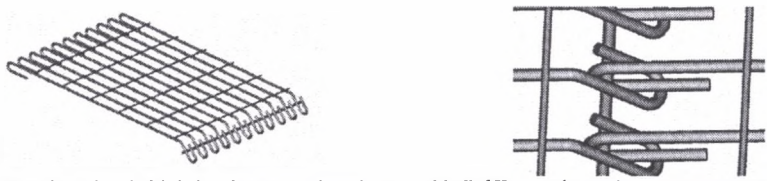
Za mało korzystne należy uznać połączenia siatek, gdzie haki lub zaczepy mają możliwość swobodnego odginania się, jak np. w rozwiązaniach według rysunku 8.

Wartość współczynnika $k_{poł}$ nie przekracza 0,5, co powoduje, że w sposób niedostateczny jest wykorzystana nośność prętów podłużnych siatki.

Korzystne wartości współczynników nośności połączenia siatek zgrzewanych mają rozwiązania siatek łańcuchowo-węzłowych, w których konstrukcja węzła jest samozaciskowa i w fazie naciągu siatki korzystnie się zaciska zwiększając swoją nośność. Przykłady rozwiązań konstrukcji siatek łańcuchowo-węzłowych o węzłach samozaciskających się przedstawiono na rys. 9 do 12.

Rys. 10. Rozwiązanie siatki łańcuchowo-węzłowej typu „fhm" szeroko stosowane w kopalniach górnictwa niemieckiego oraz aktualnie powszechnie w kopalni Bogdanka wraz z połączeniem prętów podłużnych za pomocą haków poziomych, które połączone w węźle między sobą mogą przenieść obciążenie porównywalne do nośności łączonych prętów

Fig. 10. Application of the chain-type net type "fhm" broadly used in German mines and actually also in the Bogdanka mine together with the connection of lengthwise rods by horozont hooks. This connection can transfer a load comparable to the load capacity of the joined rods



Rys. 11. Rozwiązanie siatki łańcuchowo-węzłowej typu „kłw" [5] z połączeniem poprzez pręt zaczepowy mocowany do haków poziomych końca siatki i haki pionowe siatki kolejnej. Siła przenoszona przez w pręty podłużne uzależniona jest od nośności dwóch zgrzein pręta zaczepowego

Fig. 11. Application of the chain-type net type "klw'"(5) joined by hitch-type rod to the horizontal hook of the net's end and to the vertical hooks of the following net. The force transferred by the lengthwise rods depends *on* the load capacity of two welds of the hitch-type rod

Rys. 12. Rozwiązanie siatki łańcuchowo-węzłowej typu „pk- szup" wzorowane na siatce typu „szupa" szeroko stosowanej w kopalniach niemieckich z połączeniem prętów podłużnych poprzez zagięci hakowe w płaszczyźnie siatki na jednym z końców i zagięcie w kształcie litery v na drugim końcu przy wykorzystaniu do połączenia dodatkowego niezależnego pręta poprzecznego łączącego końce siatki

Fig. 12. The chain-type *net* tyoe '"pk-szup" is similar to the net typ "szup'a" broadly used in German mines. The lengthwise rods are joined by bended hooks (on one end) and v-bended *on* the other end, and as an independent additional connection of both net ends – a crosswise rod – is used

6. Wnioski końcowe

1. Stale zwiększająca się głębokość eksploatacji węgla kamiennego w kopalniach polskich oraz trudne warunki geologiczno-górnicze występujące wokół wyrobisk korytarzowych powodują konieczność stosowania obudów zapewniających wysokie bezpieczeństwo

i stateczność wyrobiska. Wśród akcesorii obudowy podporowej na jej stateczność istotny wpływ ma jej stabilizacja przestrzenna i zabezpieczenie obrysu wyłomu wyrobiska opinką gwarantującą ciągłość opięcia ociosu oraz przenoszenie obciążenia na odrzwia obudowy podporowej bez jej uszkodzenia.

2. Stosowane, do niedawna jeszcze powszechnie w polskich kopalniach węgla kamiennego, siatki okładzinowe zaczepowe, wskutek ich niskiej nośności i występujących przypadków nadmiernego uginania, jak również lokalnego przerywania z możliwością wystąpienia obwałów skał stropowych, są coraz częściej zastępowane siatkami łańcuchowo--węzłowymi, w których pręty podłużne są połączone ze sobą przez specjalne ukształtowane końce, które pod wpływem obciążenie ulegają samozaciskaniu.
3. O ile w pierwszej fazie pracy okładzina siatkowa może być traktowana jako belka zginana to wraz z pojawieniem się ugięć schemat statyczny pracy siatki zgrzewanej ulega zmianie w kierunku cięgna, gdzie decydujące znaczenie dla jego nośności ma wytrzymałość podłużna siatki, w tym zwłaszcza nośność węzłów.
4. Praktyczne zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego powinny znaleźć rozwiązania konstrukcji siatek, które przykładowo przedstawiono na rys do 7 do 10, gdzie współczynnik nośności połączenia siatki powinien wynosić $k_{poł} \geq 0,5$, a węzły powinny ulegać samozaciskaniu przy wystąpieniu naciągu siatki.
5. Doświadczenia górnicze wykazują potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań siatek zgrzewanych łączonych na całym obwodzie, tj. w kierunku podłużnym, jak i poprzecznym, tak aby ograniczyć całkowicie możliwość lokalnego obwału i utraty stateczności wyrobiska, czy spowodowania wypadku, w których istotne znaczenie będzie posiadała nośność węzłów prętów podłużnych i prętów poprzecznych.
6. Dla konstrukcji obudów podporowych, jak i podporowokotwiowych należy dopuścić stosowanie siatek o zwiększonej szerokości (a nie jak dotychczas do szerokości 0,5 m), tak aby uzyskać większą ciągłość w zabezpieczeniu ociosu skalnego co najmniej w tych rejonach, gdzie wykazuje on tendencje do znacznych przemieszczeń.

LITERATURA

1. Barecki Zb., Straś J., Szczurek Cz., Pierchała D.: Większe warunki bezpieczeństwa w chodniku – siatki łańcuchowe produkcji „DEMEX Sp. z o.o. w Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek" Wiadomości Górnicze nr 6/2002.

2. Drzęźla B., Głuch P.: „Obudowa kotwiowa dla warunków KWK „Bogdanka" SA Konferencja z okazji XXV lecia KWK „BOGDANKA" Czerwiec Lublin 2000. Organizator KWK "Bogdanka".
3. Skrzyński K.: Analiza wpływu rozpór i okładzin na stateczność przestrzenną stalowej obudowy odrzwiowej . Praca doktorska . GIG Katowice 1996.
4. Siatka łańcuchowo węzłowa ciężka KŁW – materiały firmy „KALMET" Sp. z o.o.
5. PN-G-15050 :1996. „Obudowa wyrobisk górniczych. Siatki okładzinowe zgrzewane".
6. Kolendowicz T. : Mechanika budowli dla architektów Arkady 1996r
7. Kaczurin W.K. : Teoria konstrukcji wiszących . Arkady, Warszawa 1965r

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Andrzej Wichur