ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 55 Nr kol. 446

Emil Olewicz, Jerzy Gubała,
Jerzy Olewicz

Instytut Metaloznawstwa i Spawalnictwa
Politechniki Śląskiej

MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA ZUŻYTYCH SZYN KOLEJOWYCH NA ELEMENTY OBUDOWY GÓRNICZEJ

Streszczenie. Przeprowadzono badania nad możliwością wykorzystania zużytych szyn kolejowych na elementy obudowy górniczej. Opracowano technologię obróbki cieplnej szyn, zapewniającą uzyskanie zespołu własności mechanicznych stali szynowej na poziomie wymaganym dla obudowy. Szyny kolejowe obrobione cieplnie posiadają nośność ok. 14 Tm, odpowiadającą nośność najcięższych profili stropnicowych GI 140 wykonanych ze stali 18G2A.

Wstęp

Specyficzne warunki pracy stalowej obudowy wyrobisk górniczych narzucają konieczność stosowania odmiennych kryteriów zarówno przy doborze geometrii profilu jak i doborze materiału przeznaczonego na elementy obudowy, niż dla konstrukcji stalowych budownictwa ogólnego. W pracy niniejszej, dotyczącej oceny możliwości zastosowania zużytych szyn kolejowych do wyrobu obudowy górniczej omówiona jest problematyka materiałowa, a szczególnie zagadnienia technologii obróbki cieplnej, zapewniającej uzyskanie własności mechanicznych materiału szyn nie gorszych od własności przewidzianych normami dla stali przeznaczonych do wyrobu profili stropnicowych [1].

Odmienność kryteriów doboru materiału na obudowę górniczą wiąże się z faktem niemożności określenia a priori kierunków i wielkości sił działających na konstrukcję. Niemożliwe jest także przewidywanie charakteru obciążeń, a przede wszystkim szybkości ich wzrostu. W związku z tym należy dopuścić możliwość wystąpienia odkształceń plastycznych, umożliwiających odprężenie naciskającego górotworu [2].

Wspomniana specyfika pracy stalowej obudowy górniczej narzuca konieczność uwzględnienia problemu zapobiegania kruchym pęknięciom, zarówno pod względem prawidłowości doboru materiału jak i ewentualnej obróbki cieplnej. Analiza przyczyn kruchego pękania konstrukcji stalowych wykonanych ze stali o znacznej plastyczności i pracujących w warunkach działania obciążeń statycznych w temperaturach otoczenia wskazuje, że awarie konstrukcji mogą wiązać się z wielkością i rozkładem naprężeń, wynikających

zarówno z wad materiałowych jak i wcześniejszych zabiegów technologicznych.

W miejscach występowania karbów istnieje przestrzenny stan naprężeń, utrudniający przebieg odkształcenia plastycznego, prowadzącego do redystrybucji naprężeń. Przestrzenny stan naprężeń sprzyja powstawaniu w miejscach lokalizacji odkształcenia plastycznego zarodków kruchych pęknięć, których rozrost jest ułatwiony przy obecności naprężeń własnych. Znaczenie plastyczności i ciągliwości materiału sprowadza się do zwiększenia stopnia odkształcenia plastycznego, niezbędnego do zarodkowania pęknięć i zwiększenia pracy odkształcenia, koniecznej do rozprzestrzenienia się pęknięcia. Wpływ tych czynników rozpatruje się w dalszej części opracowania.

Kryteria doboru materiału

Podstawowym celem doboru materiału na elementy konstrukcyjne jest wytypowanie tworzywa, które może zapewnić spełnienie specyficznych wymagań technicznych, przy najniższym koszcie.

Prawidłowy dobór materiału musi więc być dokonany z uwzględnieniem trzech podstawowych grup czynników:

- czynniki określające wymagania eksploatacyjne;
- czynniki technologiczne;
- czynniki ekonomiczne.

Zasadniczym warunkiem optymalnego doboru materiału jest możliwie najbardziej dokładne określenie wymagań eksploatacyjnych. Analiza warunków pracy elementu doprowadzić może do wyodrębnienia jednego lub więcej czynników decydujących o doborze materiału. Należą do nich zarówno czynniki własności mechanicznych jak np. granica plastyczności, odporność na obciążenia dynamiczne, odporność na kruche pękanie, wytrzymałość zmęczeniowa itp. oraz czynniki fizykochemiczne, które współdecydują w przypadkach oddziaływania środowiska.

W odniesieniu do warunków pracy elementów obudowy górniczej materiały na nie powinny spełniać przeciwstawne wymagania: z jednej strony możliwie najwyższą wytrzymałość, z drugiej zaś - jak największą plastyczność i ciągliwość, niezbyt duży stosunek R_e/R_m oraz możliwie niski poziom naprężeń własnych.

Optymalizując dobór materiału na elementy obudowy górniczej [2] wprowadzono kryterium maksymalnej nośności łuków M, wyrażonej zależnością:

$$M = R_e(m + n)\, W_x \cdot 10^{-3} \qquad (1)$$

gdzie:

M - maksymalna nośność łuków, Tm

R_e - granica plastyczności, kG/mm^2

m - współczynnik zginania Schaefera (wg tablicy 2)

n - współczynnik plastyczności materiału

W_x - wskaźnik wytrzymałości na zginanie, cm^3

przy czym

$$m = \frac{T}{W_x}$$

gdzie:

T - opór zginania w cm^3 (wg tablicy 2)

$$n = \frac{R_m - R_e}{R_e}$$

gdzie:

R_m - wytrzymałość na rozciąganie w kG/mm^2.

Podstawiając do wzoru (1) w miejsce "n" współczynnik $a = R_e/R_m$ stosowany najczęściej do scharakteryzowania własności stali ulepszonych cieplnie uzyskuje się po przekształceniu następującą postać równania:

$$M = R_e \left(\frac{1}{a} + m - 1\right) W_x \cdot 10^{-3} \qquad (2)$$

W zależności (2) maksymalna nośność łuków jest funkcją parametrów materiałowych charakteryzujących własności mechaniczne stali (R_e, a) oraz wielkości geometrycznych przekroju łuku (m, W_x). Dla wybranego profilu łuku wielkości "m" i "W_x" są wielkościami niezmiennymi czyli nośność łuku jest wówczas funkcją parametrów materiałowych:

$$M = f\,(R_e, a) \qquad (3)$$

Tego rodzaju funkcja dwu zmiennych nie ma wartości ekstremalnej zatem na maksymalną nośność łuków można wpływać zarówno przez podwyższenie granicy plastyczności jak i przez obniżenie współczynnika "a".

Podwyższenie nośności obudowy sztywno-łukowej poprzez zwiększenie R_e możliwe jest dwoma sposobami:

- zastosowanie stali o podwyższonej zawartości węgla w stanie normalizowanym lub wyżarzonym do osiągnięcia a = 0,5,
- zastosowanie stali średniowęglowej ulepszonej cieplnie.

Drugi z tych sposobów jest niekorzystny ponieważ z uwagi na kształt i wymiary elementów komplikuje obróbkę cieplną, a ponadto współczynnik "a"

wzrasta do wartości 0,8÷0,9, co niweczy korzyści uzyskane z podwyższenia granicy plastyczności. Poza tym, powiększenie nośności obudowy poprzez wydatny wzrost granicy plastyczności łączy się ze wzmożeniem skłonności konstrukcji do kruchego pękania.

Z analizy przytoczonych czynników warunkujących pewność konstrukcji oraz czynników technologicznych i materiałowych (tablica 1) wynika, że materiał na obudowy górnicze powinien cechować się granicą plastyczności 35-40 kG/mm^2 (350-400 MN/m^2) oraz wytrzymałością na rozciąganie w granicach 65-70 kG/mm^2 (650-700 MN/m^2) co zapewni wartość współczynnika "a" zbliżoną do 0,5.

Tablica 1

Własności mechaniczne stali do wyrobu obudowy górniczej [1]

Lp.	Znak stali	Stan	Własności mechaniczne				Uwagi
			R_e min kG/mm^2 (MN/m^2)	R_m kG/mm^2 (MN/m^2)	A_5 min %	K_{min} kGm/cm^2 (kJ/m^2)	
1	St 5	surowy	28 (275)	52÷62 (490÷608)	19	-	
2	18G2A	surowy	34 (334)	52-64 (510-628) min	21	6 (589)	próbka Mesnager
3	32Mn3	surowy	34 (334)	55 (540)	18	-	próbka DVM stal zestarzona
		normalizowany	34 (334)	55 (540)	20	2 (196)	
		ulepszony cieplnie	50 (490)	65 (637)	16	3 (294)	
4	39Mn4	normalizowany	40 (392)	65 (637)	18	2 (196)	
5	30G2	normalizowany	40 (392)	65 (637)	17	-	

Tablica 2

Parametry geometryczne niektórych profili stosowanych do wyrobu obudowy górniczej [1]

Lp.	Typ profilu	Powierzchnia przekroju F (cm^2)	Ciężar 1 m profilu Q (kG)	Wskaźnik wytrzymałości W_x (cm^3)	Opór na zginanie T (cm^3)	Współczynnik zginania $m = \frac{T}{W}$
1	Szyna P 8 x)	52,3	41,0	193	247	1,28
2	GI 90 xx)	31,1	24,4	81,4	99,7	1,23
3	GI 110 xx)	31,1	24,5	103	125	1,22
4	GI 140 xx)	53,0	41,6	227	277	1,22
5	B 14 xxx)	48,9	38,4	221	263	1,19

x) Zbliżona do S 42.
xx) Dwuteowniki stropnicowe.
xxx) Dwuteownik szerokostopowy.

Badania własne

Celem pracy było zbadanie wycofanych z eksploatacji szyn kolejowych i możliwości zastosowania ich na obudowę chodników górniczych. Dla zrealizowania celu należało określić przydatność szyn w stanie surowym względnie opracować taką technologię obróbki cieplnej, która zapewniłaby materiałowi własności wymagane przez przemysł górniczy.

Badania przeprowadzono na szynach S42 (wg PN-70/H-93421) wykonanych ze stali St70P. Odcinki szyn wycofano z eksploatacji na skutek starcia warstwy główki szyny o około 15 mm.

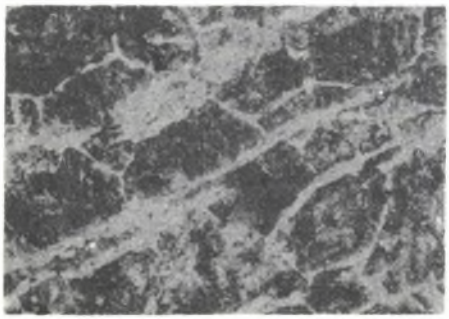
Analiza chemiczna wiórów pobranych z odcinków szyn wykazała następujące procentowe zawartości składników:

C = 0,51%; Mn = 0,72%; Si = 0,30%; P = 0,063%; S = 0,041%.

Badania metalograficzne nietrawionych zgładów podłużnych wykazały znaczne ilości zanieczyszczeń w stali w postaci wtrąceń niemetalicznych typu:

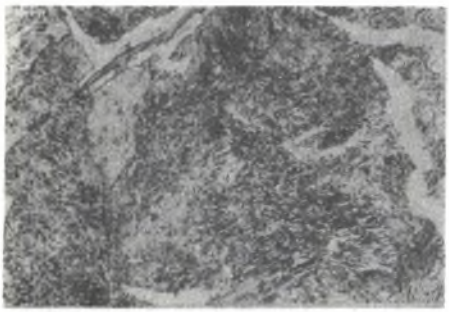
- tlenkowe kruche TŁ 4c,
- siarczkowe plastyczne S5e.

Oznaczenie według PN-66/H-04510.

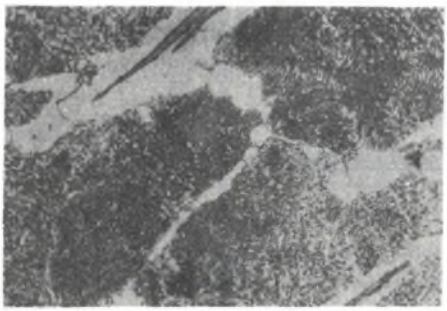


Rys. 1

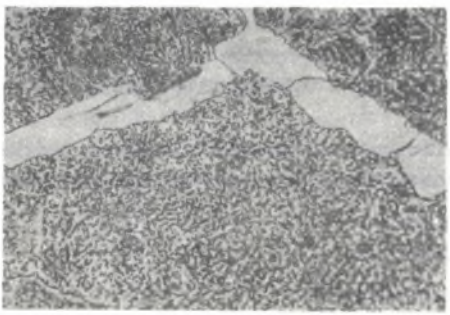
Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

Nr rys.	Obróbka cieplna	Opis struktury	Powiększenie
1	Stan surowy	Gruby perlit z ferrytem na granicach ziarn oraz pasma ferrytu z wtrąceniami siarczkowymi	100 x
2	Stan surowy	Szczegół rysunku 1: widoczny perlit pasemkowy z ferrytem zawierającym wtrącenie siarczkowe	500 x
3	710°C/6h/piec	Gruby perlit z ferrytem w postaci pasm. Początkowe stadium sferoidyzacji cementytu	500 x
4	710°C/12h/ piec	Znaczne obszary sferoidyzowanego cementytu w ziarnach perlitu oraz miejscami resztki budowy lamalarnej	500 x
5	710°C/18h/ piec	Całkowita sferoidyzacja cementytu wewnątrz ziarn perlitu	500 x

Tablica 3

Nośność obudowy dla różnych materiałów i typów profili

Lp.	Typ profilu	Q kG/mb	Wx cm^3	m	Nośność obudowy M (Tm) dla różnych materiałów						
					St 5	18G2A	30Mn3		39Mn4	30G2	St70P
					n=0,78	n=0,53	n=0,62[x]	n=0,30[xx]	n=0,62	n=0,65	n=0,79
1	GI 110	24,5	103	1,22	5,8	6,1	6,45	7,8	7,6	7,7	-
2	GI 140	41,6	227	1,22	12,7	13,5	14,2	17,2	16,7	17,0	-
3	B 14	38,4	221	1,19	12,2	12,9	13,6	16,6	16,0	16,3	-
4	Szyna P 8	41	193	1,28	-	-	-	-	-	-	13,6
5	Szyna S 42	42	205	1,28	-	-	-	-	-	-	14,4

x) Stan normalizowany.

xx) Stan ulepszony cieplnie.

Po wytrawieniu zgładów materiał szyn w stanie surowym wykazał gruboziarnistą strukturę perlitu o zmiennej wielkości ziarn z ferrytem w postaci siatki na jego granicach oraz miejscami pasma ferrytu z wtrąceniami niemetalicznymi (rys. 1 i 2). Badania mechaniczne przeprowadzone na próbkach pobranych z szyn w stanie dostarczenia wykazały:

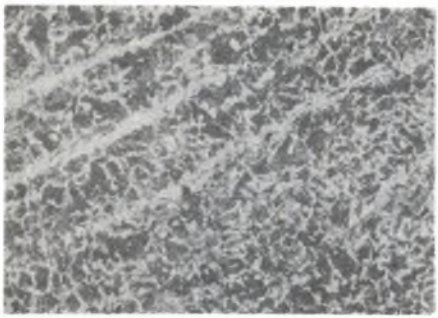
- brak wyraźnej granicy plastycznej (rys. 11),
- średnią wytrzymałość na rozciąganie 76,6 kG/mm^2 (764 MN/m^2) lecz nie niższą 76,5 kG/mm^2 (753 MN/m^2),
- wydłużenie względne A_5 = 19,5%,
- przewężenie względne Z = 33%,
- udarność KV = 1,7 kGm/cm^2 (167 kJ/m^2).

Ponieważ uzyskane własności nie odpowiadają wymaganiom górniczym założono różne warianty obróbki cieplnej prowadzące do zmiany własności mechanicznych. Jeden z nich polegał na wyżarzaniu zmiękczającym w temperaturze 710°C szyn surowych w czasie 6,12 i 18 godz., natomiast drugi na wyżarzaniu zmiękczającym przy identycznych parametrach, szyn wcześniej znormalizowanych w temperaturze 800°C. Zastosowanie wyżarzania zmiękczającego przy chłodzeniu z piecem do około 400°C pozwala w maksymalnym stopniu zredukować naprężenia własne.

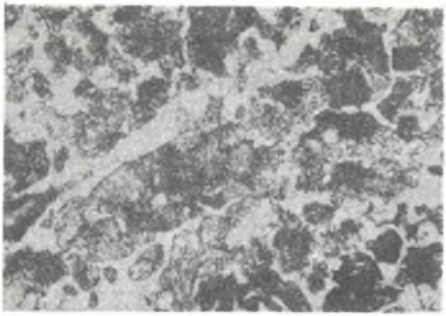
Obróbkę cieplną przeprowadzono w piecu elektrycznym oporowym o mocy 12 kVA firmy General Electric - Wild Barfield z jednorazowym wsadem w postaci trzech odcinków szyn o długości 500 mm. Szyny poddane wyżarzaniu zmiękczającemu w czasie 6, 12 i 18 godz. wykazały postępującą koagulację cementytu w obrębie ziarn perlitu (rys. 3-5) przechodząc od cementytu w postaci płytkowej do kulkowej.

Równocześnie już po 6 godz., wyżarzania zmiękczającego wystąpiła wyraźna granica plastyczności R_e = 37,6 kG/mm^2 (363 MN/m^2) przy nieznacznym spadku wytrzymałości na rozciąganie w stosunku do stanu surowego, do wartości R_m = 71,6 kG/mm^2 (696 MN/m^2) (rys. 11). Wyżarzanie zmiękczające szyn nie spowodowało wzrostu udarności badanej na próbkach z karbem Charpy V (rys. 12).

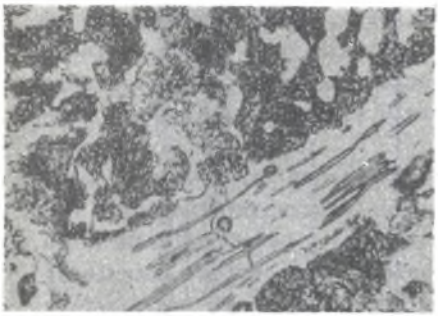
Dalszy wzrost czasu wyżarzania zmiękczającego powoduje obniżenie wartości granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie przy wzroście wydłużenia i przewężenia (rys. 11). Druga wersja obróbki cieplnej polegająca na zabiegach normalizowania z następnym wyżarzeniem zmiękczającym powoduje wyraźne rozdrobnienie ziarn perlitu z ferrytem tworzącym przerywaną siatkę na granicach ziarn (rys. 6 i 7). Wyżarzanie zmiękczające szyn normalizowanych powoduje sferoidyzację cementytu podobnie jak w szynach w stanie surowym (rys. 8-10). Badania wytrzymałościowe wykazały w stanie normalizowanym granicę plastyczności R_e = 37,6 kG/mm^2 (369 MN/m^2) oraz wytrzymałość na rozciąganie R_m = 70,9 kG/mm^2 (693 MN/m^2). Wyżarzenie zmiękczające powoduje spadek granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie średnio o 20 kG/mm^2 przy każdorazowym wydłużaniu czasu o 6 godz.



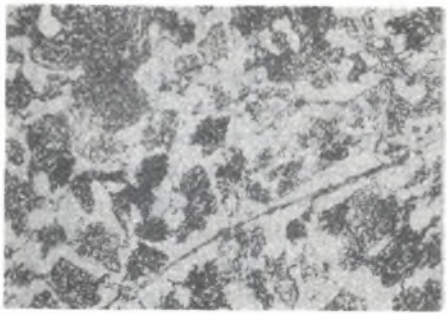
Rys. 6



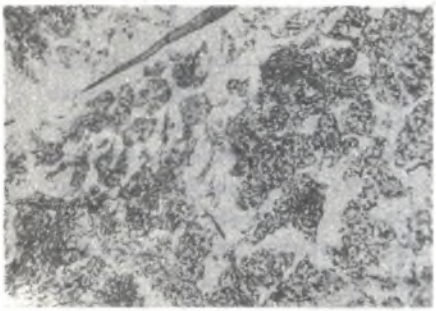
Rys. 7



Rys. 8



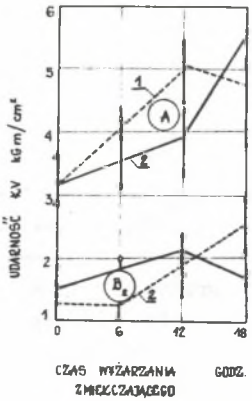
Rys. 9



Rys. 10

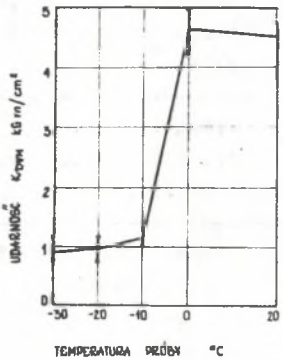
Rys. 14

Nr rys.	Obróbka cieplna	Opis struktury	Powiększenie
6	800°C/2h/pow.	Drobnoziarnista struktura perlitu z ferrytem w postaci przerywanej siatki i pasm	100 x
7	800°C/2h/pow.	Szczegół rysunku 6. Widoczny perlit o budowie lamelarnej oraz niektóre ziarna o bardzo drobnych płytkach	500 x
8	800°C/2h/pow. 710°C/6h/piec	Początkowy rozwój sferoidyzacji płytek cementytu w perlicie	500 X
9	800°C/2h/pow. 710°C/12h/piec	Niemal całkowita sferoidyzacja cementytu i nieliczne miejsca perlitu częściowo lamelarnego z przerywanymi płytkami cementytu	500 x
10	800°C/2h/pow. 710°C/18H/piec	Pełna sferoidyzacja cementytu	500 x
14	800°C/2h/pow. +710°C/12h/piec	Widok próbek wyciętych z głowy szyny obrobionej cieplnie - po próbie technologicznego zginania	0,3 x



Rys. 11. Wpływ czasu wyżarzania zmiękczającego na własności mechaniczne stali

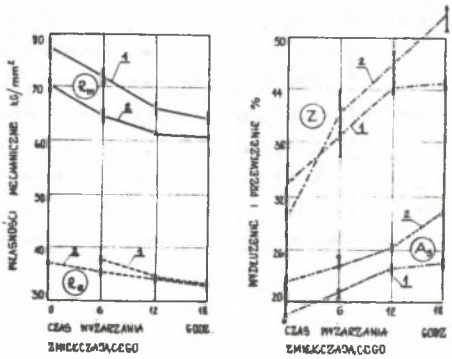
1 - wyżarzanie zmiękczające, 2 - normalizowanie + wyżarzanie zmiękczające



Rys. 12. Wpływ czasu wyżarzania zmiękczającego na udarność stali szynowej w temperaturze otoczenia

1 - próbki pobrane ze stopy szyny, 2 - próbki pobrane z głowy szyny

A - normalizowanie + wyżarzanie zmiękczające, B - wyżarzanie zmiękczające



Rys. 13. Wpływ temperatury próby na udarność stali szynowej normalizowanej i wyżarzonej zmiękczająco w czasie 12 godz.

(rys. 11). Udarność dla próbek po tego typu obróbce wzrosła do KV = 3,2 kGm/cm^2 (317 kJ/m^2) po normalizowaniu, a po wyżarzaniu zmiękczającym do KV = 3,8 kGm/cm^2 (380 kJ/m^2) w głowie i KV = 4,7 kGm/cm^2 (463 kJ/m^2) w stopie szyny (rys. 12).

Z analizy wykresów (rys. 11 i 12) otrzymanych w wyniku badań wytrzymałościowych oraz analizy efektów ekonomicznych wybrano obróbkę cieplną wyżarzania normalizującego w temperaturze 800°C z następnym wyżarzaniem zmiękczającym w temperaturze 710°C przez 12 godz. Dla tej ostatniej wersji obróbki cieplnej przeprowadzono dodatkowo badania udarności w temperaturach obniżonych na próbkach DVM według DIN. Badania wykazały, że wartość udarności do temperatury 0°C nie ulega zmianie i wynosi K_{DVM} 0°C = 4,8 kGm/cm^2. (470 kJ/m^2), a wyraźny spadek do wartości K_{DVM} = 1,1 kGm/cm^2 (100 kJ/m^2) ujawnił się przy temperaturze -10°C (rys. 13).

Dla analogicznej obróbki cieplnej przeprowadzono próby technologicznego zginania do styku ramion na płaskownikach o grubości 20 mm, które dały wynik pozytywny, tzn. żadna próbka nie uległa pęknięciu (rys. 14).

Omówienie wyników badań

Problem wykorzystania zużytych szyn kolejowych do wyrobu elementów nośnych łukowej obudowy sztywnej przeznaczonej dla kopalń głębinowych posiada kapitalne znaczenie techniczne i ekonomiczne. Analiza problemu wyłania dwa podstawowe zagadnienia:

- określenie wielkości kryterialnych własności mechanicznych wymaganych od materiału lub wyrobu przeznaczonego na elementy obudowy,
- dostosowanie własności mechanicznych szyn na drodze obróbki cieplnej do określonych i przyjętych wielkości kryterialnych.

Trudność stanowi ustalenie wielkości charakteryzującej własności plastyczne materiału oraz jego odporność na kruche pękanie. Określenie wielkości kryterialnych takich własności mechanicznych, jak wydłużenie, przewężenie lub udarność winno uwzględniać wymaganą od obudowy górniczej podatność do absorbowania energii. Spośród wymienionych własności, wydłużenie i przewężenie są stosunkowo mało przydatne jako mierniki absorbowania energii, ponieważ są one uzyskiwane w efekcie próby prowadzonej w warunkach statycznego obciążenia jednoosiowego, przy którym stal ma najbardziej sprzyjające warunki do stopniowego odkształcenia się, aniżeli gwałtownego niszczenia [5]. Natomiast, próba udarności próbki z karbem przewidziana jest w celu zbliżenia się do bardziej ścisłego warunku obciążania trójosiowego, które występuje zwykle w czasie eksploatacji konstrukcji. Uważa się, że udarność stanowi najbardziej odpowiednie i łatwe do zmierzenia kryterium podatności do pochłaniania odkształceń - spośród trzech wymienionych własności plastycznych.

W specyficznych warunkach pracy obudowy górniczej, elementy nośne narażone są na niebezpieczeństwo wystąpienia kruchych pęknięć.

Rozwój badań nad mechaniką pękania doprowadził co prawda do wyłonienia szeregu prób umożliwiających bardziej dokładne określenie odporności materiału na kruche pękanie [6], jednak metodyka ich jest złożona, zaś wyniki charakteryzują się niekiedy dużym rozrzutem. Jakkolwiek z szeregu czynników wywierających wpływ na kruche pękanie, próba udarności obejmuje tylko jeden - temperaturę eksploatacji, dostarczając przy tym w dodatku tylko danych porównawczych, jest ona ogólnie stosowana jako podstawowa próba umożliwiająca klasyfikację i odbiór stali ze względu na ich odporność na kruche pękanie.

Norma niemiecka DIN - 21544 dotycząca stali na obudowę górniczą 4 przewiduje minimalną wartość udarności dla stali średniowęglowej równa 2 kGm/cm^2 (196 kJ/m^2) dla stali normalizowanych oraz 3 kGm/cm^2 (294 kJ/m^2) dla stali ulepszonych cieplnie - wyznaczoną na próbkach DVM.

Rozpatrywane w niniejszej pracy zagadnienie narzuca i ustala rodzaj profilu (szyna S42) i rodzaj materiału (St70P). W tej sytuacji, przyjmując wg źródeł niemieckich minimalną wartość udarności K_{DVM} = 3 kGm/cm^2 (294 kJ/m^2), należy pozostałe do określenia kryteria wytrzymałościowe R_e i R_m wyznaczyć na drodze badań, po obróbce cieplnej szyn tak zrealizowanej, aby uzyskać dla stali szynowej możliwie wysoką udarność.

Badanie dostarczonych szyn ujawniło, że są one wykonane ze stali średniowęglowej, zawierającej około 0,5% C, charakteryzującej się brakiem wyraźnej granicy plastyczności oraz wytrzymałością na rozciąganie około 750 MN/m^2 - odpowiadającej stali St70P dla potrzeb kolejnictwa. Stwierdzony w badaniach niski poziom udarności wiąże się, ze stosowaniem szyn w stanie surowym po walcowaniu i właściwą temu stanowi gruboziarnistą strukturą (rys. 1 i 2). Jak wspomniano, niekorzystny stosunek R_e/R_m oraz zbyt mała hartowność stali węglowej eliminują zastosowanie ulepszania cieplnego jako sposobu polepszenia plastyczności szyn.

W badaniach przyjęto więc dwa warianty wyżarzania - wyżarzanie zmiękczające i wyżarzanie normalizujące z następnym wyżarzaniem zmiękczającym. W przypadku wybranego wariantu obróbki cieplnej (normalizowanie 800°C/2h + wyżarzanie zmiękczające 710°C/12h/piec) uzyskuje się korzystne rozdrobnienie struktury - zarówno wielkości ziarna jak i dyspersji cementytu w perlicie (rys. 6 i 7) - co ułatwia przebieg sferoidyzacji płytek cementytu. W tym wariancie obróbki cieplnej po wyżarzeniu sferoidyzującym chłodzenie wsadu z piecem do temperatury 400°C ma tę zaletę, że powoduje obniżenie poziomu naprężeń własnych w szynach, a ponadto eliminuje możliwość przesycenia ferrytu. Fakt ten, praktycznie rzecz biorąc, wyklucza niekorzystną zmianę udarności i własności mechanicznych szyn - elementów obudowy górniczej - podczas pracy, w wyniku procesu starzenia.

W celu sprawdzenia powtarzalności wyników optymalnego wariantu obróbki cieplnej, obrobiono cieplnie dodatkową partię 3 odcinków szyn, a następ-

nie wyznaczono zależność udarności (próbki DVM) od temperatury badania. Wyznaczenie tej zależności jest celowe także wówczas, gdy istnieje pewność iż materiał nie będzie pracował w temperaturach podzerowych, bowiem dostarcza ona informacji o skłonności materiału do kruchego pękania. Próby potwierdziły powtarzalność wyników badań, a wykonana dodatkowo próba technologicznego zginania ujawniła wysoką plastyczność materiału szyn obrobionych cieplnie.

Należy podkreślić dużą jednorodność badanego materiału, przejawiającą się w bardzo małym rozrzucie wyników dla poszczególnych prób. Przykładowo, pomimo losowego wyboru odcinków szyn z nadesłanej partii, wyniki uzyskane w próbie rozciągania wykazują w zakresie każdego wariantu obróbki cieplnej bardzo małe różnice (rys. 11).

Stwierdzone w badaniach sporadycznie znaczne rozrzuty udarności mają związek z ujawnionymi skupieniami wtrąceń niemetalicznych.

Na podstawie wyników badań można zaproponować następujące wartości kryterialne własności mechanicznych dla szyn obrabianych cieplnie w celu adaptacji do wyrobu obudowy górniczej:

$R_{e\ min}$ = 32 kG/mm^2 (314 MN/m^2), $R_{m\ min}$ = 60 kG/mm^2 (590 MN/m^2), $A_{5\ min}$ = 20%, $K_{DVM\ min}$ = 3,0 kGm/cm^2 (294 kJ/m^2).

W tablicy 3 zestawiono dane charakteryzujące maksymalną nośność obudowy obliczoną wg wzoru (1) dla różnych typów profili i dla różnych materiałów. Jak wynika z zestawienia, szyny S-42 obrobione cieplnie posiadają nośność około 14 Tm, to jest nośność porównywalną z uzyskiwaną średnio dla najcięższego profilu GI 140 przy tym samym ciężarze jednostkowym, około 42 kG/mb. Równocześnie wartość 14,4 Tm jest ponad dwukrotnie wyższa od osiąganej dla wytwarzanego aktualnie w kraju profilu GI 110 ze stali 18G2A, mianowicie 6,1 Tm. Stwarza to możliwości uzyskania dużych efektów techniczno-ekonomicznych przy szerokim wprowadzeniu szyn obrobionych cieplnie do wyrobu obudowy dla kopalń głębinowych.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

Badana stal uzyskuje należyty kompleks własności mechanicznych po następującej obróbce cieplnej:

- wyżarzanie normalizujące 800°C /2h/ powietrze
- wyżarzanie zmiękczająco-odprężające 710°C/12h/piec do 400°C; w tym stanie stal wykazuje: R_e = 34,1 kG/mm^2 (335 MN/m^2), R_m = 61,4 kG/mm^2 (600 MN/m^2), A_5 = 26%, K_{DVM} = 4,6 kGm/cm^2 (425 kJ/m^2).

Proponuje się ustalenie następujących wartości kryterialnych własności mechanicznych szyn adaptowanych na obudowę:

$R_{e\ min}$ = 32 kG/mm^2 (314 MN/m^2), $R_{m\ min}$ = 60 kG/mm^2 (590 MN/m^2),

$A_{5\ min}$ = 20%, $K_{DVM\ min}$ = 3,0 kGm/cm^2 (294 kJ/m^2).

Nośność łuków z szyn S42 obrobionych cieplnie według proponowanego wariantu wynosi 14,4 Tm i jest porównywalna z nośnością profilu GI-140, zmieniającą się w zakresie 12,7-17 Tm zależnie od gatunku materiału.

Badania wykazały możliwość wykorzystania szyn S42 ze stali St70P obrobionych cieplnie do wyrobu elementów nośnych obudowy górniczej.

LITERATURA

[1] J. Słoma, K. Lachman, J. Mateja - Budown. Górn., 2, 1973, 3.
[2] W. Schafer - Gluckauf 29/30, 1957, 877.
[3] Praca zbiorowa - Karty materiałowe, Śląsk, Katowice, 1957, nadal.
[4] Norma - DIN 21544, 1961.
[5] W. Crafts, J. Lamont - Hartowność i dobór stali, PWT, Warszawa 1958.
[6] J. Mryka - Materiały z konferencji w Czarlinie, Gliwice - Gdańsk 1971 132.
[7] Norma - PN-69/H-93436.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ РЕЛЬСОВ
НА ЭЛЕМЕНТЫ ШТРЕКОВОЙ КРЕПИ

Р е з ю м е

Исследовано возможность применения изностных рельсов на элементы штрековой крепи. Разработано технологию термической обработки рельсов, которая обеспечивает такое механические свойства линовой стали какие требуемые для штрековой крепы. Рельсы после термической обработки имеют подъёмную силу ок. 14 Тм, конгруэнтную подъёмной силе наитежшего профила GI 140 изготовленного из стали марки 18G2A.

POSSIBILITY OF UTILIZATION OF THE USED RAILS
FOR THE MINE GALLERY LINING SECTIONS

S u m m a r y

Investigation upon the possibility of utilization of the used rails for the mine gallery lining sections. The special Variant of heat treatment, consisted of normalizing and spheroidizing combined with stress relieving develops in the rail steel required lewel of mechanical properties. The heat treated rails have given the load capacity of about 14 Tm, comparable to that of heaviest lining sections made from the normalized 18G2A steel.