

Piotr ADAMIEC
Zdzisław BULSKI
Krzysztof LUKSA
Jan SMAJDA

Instytut Metaloznawstwa
i Spawalnictwa

ZAGADNIENIE REGENERACJI MŁOTÓW KRUSZAREK METODAMI SPAWALNICZYMI

Streszczenie. Na podstawie literatury i badań własnych, dokonano analizy możliwości regeneracji metodami spawalniczymi młotków kruszarek wykonanych głównie ze staliwa Hadfielda. Scharakteryzowano najczęściej stosowane metody regeneracji. Podano aspekty metalurgiczne i ekonomiczne napawania regeneracyjnego młotków kruszarek ze staliwa Hadfielda.

1. WSTĘP

Stosowane obecnie w przemyśle koksowniczym młotki kruszarek najczęściej wykonane są jako odlewy ze staliwa Hadfielda. Żywotność młotków wynosi od 200 do 300 godzin w zależności od gatunku przerabianego węgla. Zużywanie się ich jest wynikiem ścierania towarzyszącego dynamicznym obciążeniom wywołanych uderzeniami.

Staliwo Hadfielda w przypadku takich obciążeń, tzn. w warunkach jednoczesnego ścierania i uderzeń, charakteryzuje się dużą odpornością na zużycie. W praktyce jednak obserwowane naprężenia lokalne wywołane uderzeniami nie przekraczają zwykle granicy plastyczności, stąd specyficzne własności staliwa Hadfielda nie są w pełni wykorzystane.

Stosowane w praktyce przemysłowej napawanie regeneracyjne, stopiwami o składzie chemicznym różnym od składu staliwa Hadfielda, daje wyższe własności eksploatacyjne. Dobre własności eksploatacyjne młotków w połączeniu z optymalną technologią prowadzą do wydłużenia czasu pracy kruszarek w przemyśle koksowniczym i wzrostu efektów ekonomicznych. Efekty te zależą od metody napawania, materiałów dodatkowych i stopnia mechanizacji procesu napawania.

2. CHARAKTERYSTYKA OBECNIE STOSOWANYCH TECHNOLOGII NAPAWANIA MŁOTKÓW KRUSZAREK

Jedną z najstarszych metod napawania utwardzającego młotków kruszarek jest napawanie ręczne elektrodami otulonymi. W Polsce, najczęściej do napawania stosowane są elektrody ENZ1, EN600B, EN400MnB [1]. Przy czym napawanie elektrodami manganowymi należy traktować jako regenerację, nie uzyskuje się w tym przypadku poprawy własności eksploatacyjnych. Bardzo

często przy napawaniu ręcznym powyższymi elektrodami wykonuje się warstwę pośrednią elektrodami ES 18-8-6B, których stopiwo o strukturze austenitycznej jest bardzo plastyczne i posiada współczynnik rozszerzalności $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ (deg}^{-1}\text{)}$, co zmniejsza niebezpieczeństwo pękania zewnętrznych twardych warstw o strukturze ledeburycyicznej, względnie martenzytycznej. Napawanie ręczne młotków kruszarek zapewnia dobre wyniki eksploatacyjne [1], jest jednak bardzo pracochłonne i mało wydajne (1-2 kg stopiwa/godz.). Ze względu na wydajność procesu napawania, optymalną metodą wydaje się być metoda napawania elektrodożłowego (15-20 kg stopiwa/godz.). W pracy [2] przeprowadzono próby napawania elektrodożłowego młotków kruszarek. Młotki początkowo napawano pojedynczo w kokilach, lecz ze względów ekonomicznych w dalszej części badań proces napawania prowadzono wg schematu podanego na rys.1. Do napawania zastosowano zwykły drut spawalniczy typu SPG4. W efekcie, wskutek przetopienia części młotka ze staliwa Hadfielda, uzyskano napoinę martenzytyczną z dużą ilością austenitu szczątkowego, gwarantującą zwiększenie żywotności młotka o 30%. Ze względu na dużą wydajność procesu regeneracji, metodę tę wykorzystano również w pracy [3]. W tym przypadku zastosowano do napawania drut spawalniczy Sp5 i topnik TNASt1.

Młotki (rys.2) ustawione w stosie jeden na drugim napawane były w sposób ciągły (rys.1), przy parametrach $I = 750-800\text{A}$, $U = 40-45\text{V}$, $v_g = 2,5 \text{ m/h}$. W czasie napawania obserwowano jednak duże trudności w dokładnym podawaniu drutu elektrodowego do kąpielii żużlowej, ze względu na zbyt wysoką szczelinę pomiędzy powierzchnią czokową młotka a przednią ścianą krystalizatora. Stąd, dalsze próby prowadzono przy odmiennym ustawieniu młotków (rys.3), gwarantującym prawidłowe prowadzenie elektrody. Parametry napawania były podobne jak w przypadku poprzednim, przy czym prędkość napawania v_g wynosiła 1,4 m/h.

Po napawaniu młotki rozdzielono za pomocą cięcia tlenem i poddano badaniom metalograficznym oraz pomiarom twardości i ścieralności. Obserwacje metalograficzne makro- i mikroskopowe pozwoliły stwierdzić strukturę bainityczno-martenzytyczną napoiny z licznymi pęknięciami w napoinie i strefie wpływu ciepła. Twardość napoiny mieściła się w granicach 220-440 HV.

Odporność na ścieranie napoin, określona na podstawie ich ścierania specjalną tarczą w obecności piasku kwarcowego, była niższa od odporności staliwa Hadfielda. Względna odporność na ścieranie E, określona jako stosunek ubytku napoiny w procesie ścierania do ubytku staliwa Hadfielda, wynosiła 1,49. Odporność tę można oczywiście poprawić poprzez zastosowanie do napawania wysokostopowych drutów pełnych, względnie proszkowych.

Druty proszkowe wykorzystano do napawania elektrodożłowego pojedynczych młotków w pracy [4]. Autorzy zalecają, przy napawaniu młotków ze staliwa Hadfielda, podgrzewać je wstępnie do temperatury 600°C i po napa-

waniu wolno chłodzić w piasku w celu uniknięcia pęknięć zarówno w napoinie, jak i w strefie wpływu ciepła.

Próby napawania elektrodożłowego pojedynczych małych młotków (rys.2), prowadzone w Zakładzie Spawalnictwa Politechniki Śląskiej [5], wykazały duże trudności w uzyskaniu typowego procesu elektrodożłowego oraz prawidłowego kształtu napoiny ze względu na konieczność napawania stosunkowo cienkiej warstwy.

W Hucie Lenina stosowane jest napawanie utwardzające młotków kruszarek dolomitu [6]. Do napawania młotków z kokilowym formowaniem napoiny wykorzystuje się drut proszkowy DP-5 (C-3,5%, Cr-25%, Mo-1,5%). Napawanie młotków prowadzono na specjalnym stanowisku składającym się ze stołu z przyrządem do mocowania młotków, z kolumny z obrotowym wysięgnikiem i przegubowo zamocowanym podajnikiem drutu oraz z dwuczęściowej kokili miedzianej chłodzonej wodą. Młotek podgrzewano do temperatury 600°C i po napawaniu wolno chłodzono w specjalnym termosie.

Technologia powyższa, gwarantująca twardość napoiny 500-560 HB, umożliwia regenerację zużytych młotków kruszarek węgla i dolomitu na skalę przemysłową.

W badaniach własnych [3] wykorzystano schemat powyższej metody regeneracji, przy czym napawanie drutami proszkowymi ER2, ER3, ER4 (tabl.1) prowadzono łukiem krytym, w osłonie CO₂ i łukiem niesosłoniętym. Młotki (rys.2) umieszczono w kokili z blachy miedzianej o grubości 25 mm i napawano na specjalnym stanowisku (rys.4). Nie stosowano obróbki cieplnej zarówno przed jak i po spawaniu, chłodzenie młotka odbywało się na wolnym powietrzu. Napawane młotki poddano badaniom metalograficznym, pomiarom twardości oraz badaniom ścieralności. Badania metalograficzne wykazały prawidłowe wtopienie napoiny. Stwierdzono występowanie w niektórych młotkach nielicznych pęknięć poprzecznych, nie stwierdzono pęknięć podłużnych w strefie przetopienia. Struktura napoiny w przypadku napawania drutami ER2 i ER3 miała charakter ledeburytu w układzie dendrytycznym, a przy napawaniu drutami ER4 w napoinie obserwowano martenzyt z dużą ilością austenitu i węglików. Najwyższe twardości powierzchni uzyskano w przypadku młotków napawanych drutami ER3 oraz ER4 i to niezależnie od metody napawania (tabl.2). W tych przypadkach uzyskano również najwyższe odporności na ścieranie (tabl.3).

Nie stwierdzono wyraźnego wpływu metody napawania na własności powierzchniowe regenerowanych młotków. Wyniki te sugerują, że optymalną metodą regeneracji zużytych młotków jest napawanie ich drutami proszkowymi ER3 lub ER4 bez osłony gazowej.

Metoda ta, stosunkowo łatwa do zmechanizowania, jest najtańsza i najłatwiejsza do zastosowania w warunkach przemysłowych.

3. ASPEKTY METALURGICZNE I EKONOMICZNE NAPAWANIA REGENERACYJNEGO MŁOTKÓW ZE STALIWA HADFIELDA

Przedstawione wyżej technologie często zalecają przy napawaniu młotków ze staliwa Hadfielda stosowanie wstępnego podgrzewania do 600°C oraz wolne ich chłodzenie z piecem, w piasku czy w specjalnym termosie. Obróbka taka eliminuje, względnie ogranicza, pęknięcia w napoinie wskutek zmniejszenia szybkości jej chłodzenia. Jednocześnie jednak, obróbka ta prowadzi do zmniejszenia szybkości chłodzenia strefy wpływu ciepła i do wydzielenia się węglików typu $(\text{FeMn})_3\text{C}$ na granicach ziarn (rys.5).

Struktura ta jest bardzo krucha. Stąd bardzo często zdarza się, przy napawaniu staliwa Hadfielda, wprowadzenie minimalnych ilości ciepła i stosowanie wymuszonego chłodzenia po napawaniu strugą powietrza względnie wodą w celu uzyskania dużej szybkości chłodzenia strefy wpływu ciepła, gwarantujących strukturę austenityczną bez wydzielenia o dużej plastyczności [7]. W praktyce przemysłowej często wybiera się rozwiązanie kompromisowe, stosując naturalne chłodzenie napawanych młotków. Rezygnując z wymuszonego chłodzenia dopuszcza się wydzielenie w strefie wpływu ciepła niewielkich ilości węglików i zarazem rezygnując z wolnego chłodzenia z piecem dopuszcza się obecność w napoinie nielicznych pęknięć prostopadłych do powierzchni. Kompromis ten podyktowany jest również efektem ekonomicznym, który w przypadku pomijania obróbki cieplnej jest znacznie wyższy.

W pracy [1] podano uzyskane efekty przy zastosowaniu do napawania elektrod otulonych. Koszty regeneracji zużytego młotka wahają się od 14% do 16% ceny młotka nowego, przy czym czas eksploatacji młotka regenerowanego wzrasta o 70-80%, w zależności od gatunku elektrod. W przypadku napawania zmechanizowanego [3] koszty regeneracji są jeszcze mniejsze i stanowią 10% do 15% kosztów nowego młotka, w zależności od ceny drutu proszkowego, stanowiącej główny składnik kosztów regeneracji. Przykłady kosztów regeneracji przy różnych metodach napawania podano w tablicy 4.

4. UWAGI KOŃCOWE

Zużywanie się młotków kruszarek jest typowym przykładem zużycia powierzchniowego. Stosowane obecnie przez konstruktorów kryteria doboru tworzyw zakładają często jednakowe własności tworzyw w całej objętości wyrobu. Przedmioty pracujące na ścieranie powierzchniowe wykonuje się w całości z materiału o specjalnych właściwościach fizykochemicznych, odpowiadających warunkom pracy powierzchni roboczych. Przykładem mogą tutaj być młotki kruszarek wykonane ze staliwa Hadfielda 11G12, które jest o 25% droższe od np. staliwa węglowego L50II.

Zastosowanie w przemyśle na szeroką skalę młotków kruszarek ze stali-

wa węglowego L50II napawanych utwardzająco przyniesie gospodarce krajowej efekty techniczne i ekonomiczne.

LITERATURA

- [1] Adamiec P.: Zagadnienie regeneracji przez utwardzające napawanie przedmiotów ze stali Hadfielda. ZN Mechanika Z.39, 1969, s.125.
- [2] Hano O.: Elektrotroskove navaranie mlynskych tlkadiel. Zvaranie N.12, 1971, s.402.
- [3] Adamiec P. i in.: Regeneracja młotków kruszarek dla przemysłu koksowniczego. NB-166, IMiS Pol.Śl. 1976.
- [4] Stańczyk W., Bińczak P.: Napawanie zużłowe młotków w młynach udarowych. Przeg.Spaw. Nr6, 1973, s.144.
- [5] Faruga A.: Technologia regeneracji młotków kruszarek. Praca dypl. IMiS, 1976.
- [6] Dobosz S.: Napawanie młotków kruszarek węgla i dolomitu. Przeg.Spaw. Nr1, 1974, s.6.
- [7] Kauczor E.: Warum darf Manganhartstahl beim Schweissen nicht warm werden. Prak. Schw. u.Schn. N5,1970, s.144.

THE PROBLEM OF CRUSHER HAMMERS REGENERATION WITH THE HELP OF WELDING METHODS

SUMMARY

On the basis of the literature and our own research, an analysis of the regeneration of crusher hammers /hammers being made mainly from Hadfield steel/ with the help of welding methods has been carried out. Some methods used for the regeneration have been characterized. Metalurgical and economical aspects of surfacing regeneration of the crusher hammers have been given.

ПРОБЛЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ МОЛОТКОВ ДРОБИЛКИ СВАРОЧНЫМИ МЕТОДАМИ

РЕЗЮМЕ

На основе литературных данных и собственных исследований был проведен анализ возможности регенерации сварочными методами молотков дробилки изготовленных в основном из литовой стали Хатвильда. Была дана характеристика наиболее часто применяемых методов регенерации. Были представлены металлургические и экономические аспекты регенерационной наплавки молотков дробилки изготовленной из литовой стали Хатвильда.

Recenzent

Doc.dr inż. J. Brózda

T a b l i c a 1

Orientacyjny skład chemiczny stopiwa drutów
proszkowych ER2, ER3, ER4

Rodzaj drutu proszkowego	Skład chemiczny stopiwa %			
	C	Cr	W	V
ER2	2,3	13,5	1,4	0,5
ER3	0,4	2,6	9,0	0,4
ER4	3,5	9,0	13,0	-

T a b l i c a 2

Pomiary twardości powierzchni młotków napawanych
różnymi metodami drutami ER2, ER3, ER4

Metoda napawania	Twardość HV przy obciążeniu 300 N		
	ER2	ER3	ER4
Napawanie łukiem krytym	$\frac{590-608}{603}$	$\frac{621-643}{633}$	$\frac{630-685}{657}$
Napawanie w osłonie CO ₂	$\frac{564-610}{590}$	$\frac{601-640}{625}$	$\frac{618-667}{631}$
Napawanie bez osłony	$\frac{550-596}{574}$	$\frac{631-675}{650}$	$\frac{606-678}{649}$

T a b l i c a 3

Pomiary ścieralności młotków napawanych różnymi
metodami drutami ER2, ER3, ER4

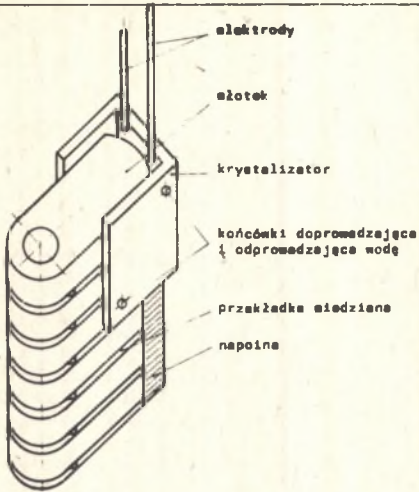
Metoda napawania	E - względna odporność na ścieranie		
	ER2	ER3	ER4
Nap. łukiem krytym	0,8143	0,8020	0,6046
Nap. w osłonie CO ₂	0,7492	0,6012	0,6979
Nap. bez osłony	0,7654	0,7291	0,7336

T a b l i c a 4

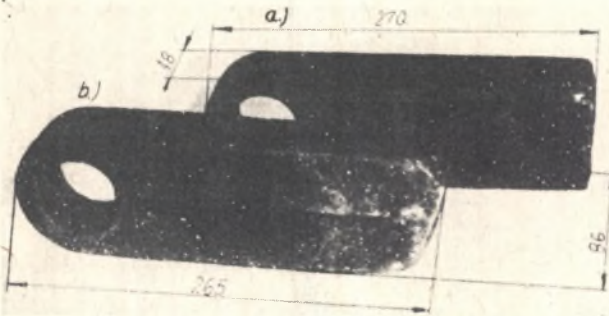
Koszty regeneracji młotków kruszarek ze staliwa Hadfielda

Metoda napawania	Materiały dodatkowe	Koszty mat. dodatkowych zł/młot.	Koszty robocizny zł/młot.	Koszty dodatkowe zł/młot.	Koszty regeneracji zł/młot.	Koszt nowego młotka zł/młot.	Czas eksploatacji dni
Nap. ręczne elektrody otulone	ES18-8-6B+ENŻ1	14,20	5,30	18,30	37,80	256,40	28
	ES18-8-6B+ENG00B	12,20	5,30	18,30	35,80	256,40	20
	EN400MnB	13,80	5,30	41,00	41,00	256,40	14
Nap. bez osłony	ER2	13,25	1,95	5,20	29,40	210,40	-
	ER3	20,55	1,95	5,20	27,70	210,40	-
	ER4	35,00	1,95	5,20	42,50	210,40	-

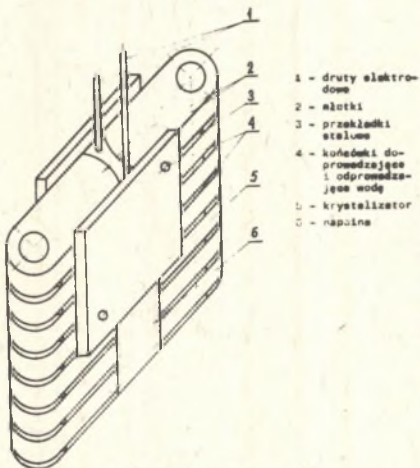
Koszty dodatkowe liczone dla dwóch różnych zakładów



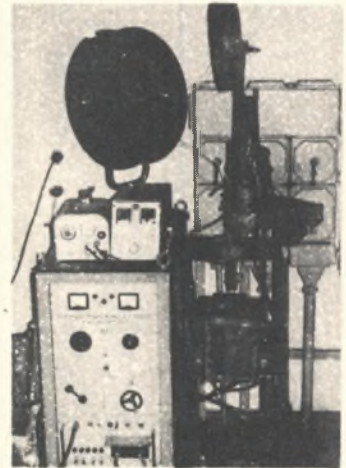
Rys.1. Schemat napawania elektrożuźlowego młotków.



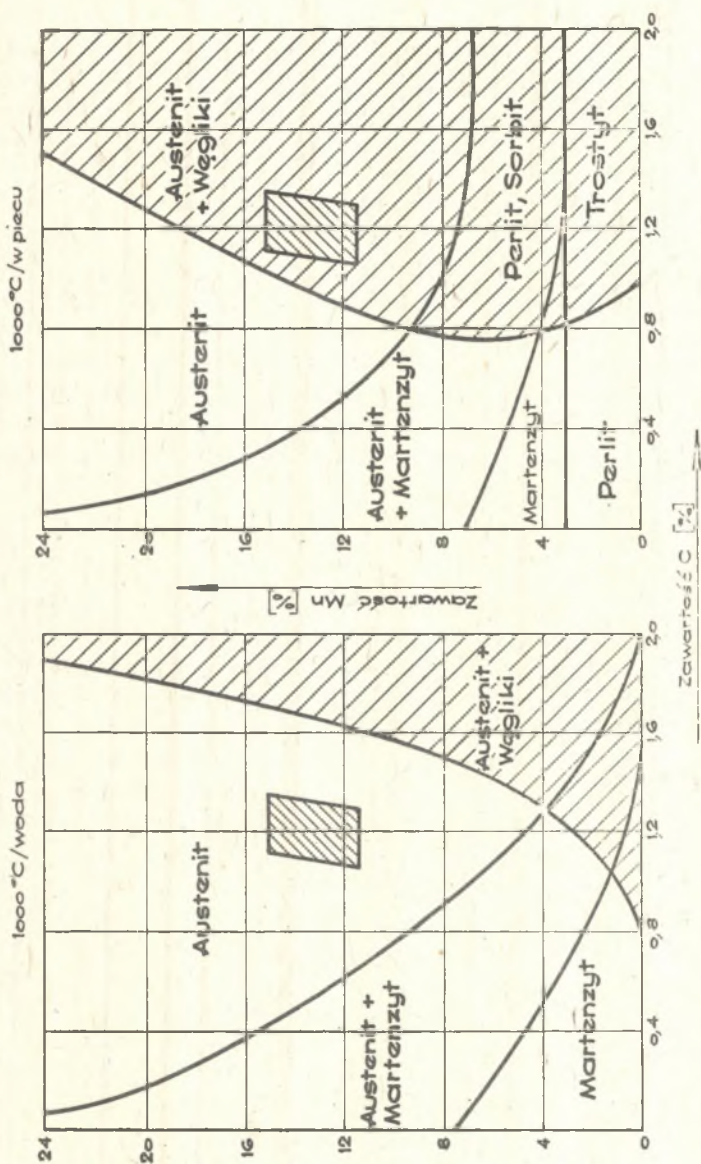
Rys.2. Kształt i wymiary napawanych młotków
a) młotek nowy,
b) młotek zużyty.



Rys.3. Schemat napawania elektrożuźlowego młotków.



Rys.4. Stanowisko laboratoryjne do napawania drutami proszkowymi.



Rys.5. Wpływ szybkości chłodzenia na strukturę staliwa Hadfielda.
Obszar zakreślony odpowiada składowi staliwa Hadfielda.