

PIOTR ADAMIEC, MARCELI MAZUR

Katedra Technologii Budowy Maszyn

HARTOWANIE PŁOMIENIOWE KÓŁ SUWNICOWYCH

Streszczenie: Przeprowadzono próby hartowania nowych i regenerowanych kół suwnicowych specjalnie zaprojektowanymi palnikami. Wykonano pomiary twardości i badania metalograficzne powierzchni napawanych różnymi materiałami dodatkowymi i następnie hartowanych płomieniowo.

1. Wstęp

Jednym z szybko zużywających się elementów maszyn, wymagającym częstej wymiany są koła suwnicowe. Duże obciążenia statyczne i dynamiczne powodują szybkie zużywanie się kół, co wymaga częstej wymiany kół na nowe lub regeneracji starych. W ciągu roku w jednej hucie zużywa się ok. 600 kół. Konieczność oszczędzania stali zmusza do stosowania regeneracji zużytych kół suwnicowych przez napawanie.

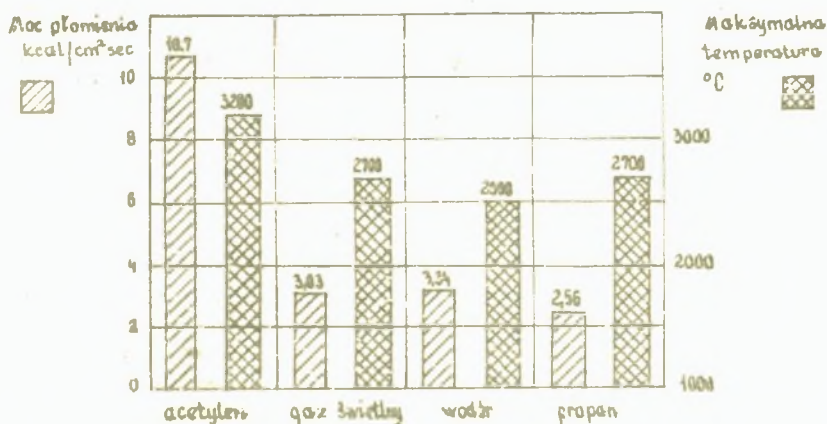
Technologia napawania zapewnia w zasadzie możliwość uzyskania dowolnej twardości, a tym samym zwiększenie żywotności kół. Problem stanowi jednak obróbka mechaniczna regenerowanych kół, dlatego lepsze efekty daje zarówno dla kół nowych, jak i regenerowanych, zastosowanie hartowania płomieniowego, które zapewnia uzyskanie utwardzonej warstwy powierzchniowej o grubości 2-8 mm [1]. Twardość hartowanych powierzchni waha się w granicach 350-700 HV. Warunkiem uzyskania warstwy utwardzonej jest odpowiednia zawartość węgla w stali, a także innych pierwiastków stopowych zwiększających jej hartowność.

Większość kół suwnicowych wykonana jest w postaci odlewów ze staliwa 35 L, 45 L i 55 L. Zawartość węgla w wymienionych materiałach zapewnia przy odpowiednich szybkościach stygnięcia powstanie struktur metastabilnych, charakterystycznych dla procesu hartowania.

W przypadku regeneracyjnego napawania zużytych kół zwiększona zawartość węgla (ponad 0,3%) utrudnia uzyskanie poprawnych powierzchni (występowanie pęknięć), tym niemniej istnieje możliwość doboru odpowiedniej technologii napawania, warunkującej wymaganą jakość napawanych warstw.

Napawanie łukiem krytym umożliwia również regulację składu chemicznego stopiwa w celu uzyskania w procesie następującego po tym hartowania odpowiedniej twardości regenerowanych powierzchni.

Celem pracy jest zaprojektowanie palników kształtowych dla hartowania bieżni i obrzeża kół suwnicowych, jak również opracowanie technologii regeneracji przez napawanie tych kół. Jako gaz palny może być zastosowany acetylen, propan, butan lub gaz ziemny. Płomień acetylenowo-tlenowy posiada jednak największą moc cieplną, co między innymi decyduje o zastosowaniu go do celów spawalniczych (rys. 1).



Rys. 1. Właściwości techniczne niektórych płomieni gazowo-tlenowych [2]

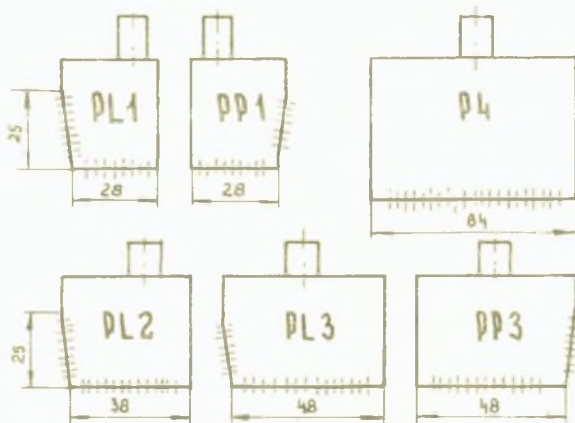
2. Badania własne

2.1. Konstrukcja palników

W oparciu o analizę dokumentacji wykonawczej kół bieżni suwnic ustalono następujące parametry, niezbędne dla prawidłowego doboru palników:

- szerokość bieżni $60 + 150 \text{ mm}$,
- wysokość obrzeża $16 + 30 \text{ mm}$,
- średnica toczna kół $320 + 910 \text{ mm}$.

W celu zapewnienia możliwości hartowania kół o różnych wymiarach opracowano komplet palników składający się z pięciu kształtowych końcówek, nakręcanych na standardowy palnik do podgrzewania PG11 oraz jedną końcówkę do hartowania płaskich powierzchni, mocowaną na palnik Normus-Bis (rys. 2).



Rys. 2. Schemat przyjętych końcówek do hartowania płomieniowego kół suwnicowych (liniami punktowymi oznaczono osie płomyków grzewczych)

Obliczenie charakterystycznych wielkości palników do hartowania dokonano wg Pogóreckiego [1], przyjmując do obliczeń

- ciśnienie dolotowe tlenu $p_1 = 4 \text{ atn}$,
- ciśnienie w komorze mieszania $p_2 = 0,2 \text{ atn}$,
- współczynnik szybkości wypływu $\varphi = 0,97$
- grubość warstwy zahartowanej $x = 3 \text{ mm}$ o twardości ok. 450 HV.

Zestawienie wyników obliczeń podano w tablicy 1.

Hartowanie pełnego zakresu szerokości bieżni przy zaprojektowanych końcówkach jest możliwe przez dobór dwóch końcówek, np. dla szerokości bieżni $b = 70 \text{ mm}$ należy użyć końcówek PL 2 i PP 1. Jedynie w przy-

Charakterystyczne wielkości palników

Typ palnika	Szerokość hartowania L (mm)	Średnica otworu smoczka d_1 (mm)		Średnica otworu komory mieszania d_2 (mm)		Sumaryczne pole powierzchni otworków w końcówce F (mm ²)	Ilość otworków ($\phi 0,7$) w końcówce	Mocowanie końcówki
		obliczona	przyjęta	obliczona	przyjęta			
PL1, PP1	53	1,1	1,1	3,1	3,3	9,8	26	palnik PG11 (smoczek nr 2)
PL2	63	1,2	1,3	3,5	4,2	12	30	palnik PG11 (smoczek nr 3)
PL3, PP3	73	1,3	1,3	3,7	4,2	14	36	palnik PG11 (smoczek nr 3)
P4	64	1,2	1,2	3,5	3,5	12	31	palnik Normus-Bis (smoczek nr 7 po rozwienceniu d_1 i d_2)

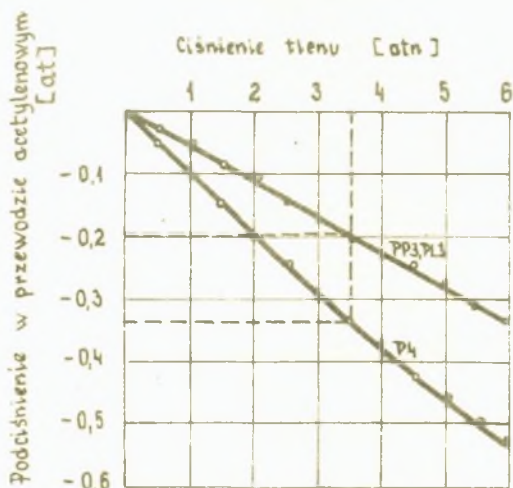
padku szerokości blachni $b = 150$ mm wymagane jest użycie 3 końcówek PL 1 + P 4 + PP 3. Końcówka P 4 może być również użyta do hartowania płaskich powierzchni.

3.2. Badania kontrolne palników

Badania kontrolne, mające na celu sprawdzenie niezawodności oraz bezpieczeństwa pracy, przeprowadzono dla wykonanych palników (końcówek) PL 3, PP 3 oraz P 4.

Przeprowadzono następujące badania:

- sprawdzenie szczelności palnika,
- pomiary podciśnienia w przewodzie acetylenowym,
- próby zapalania i gaszenia palnika,
- sprawdzenie odrywania się płomienia,
- sprawdzenie odporności na powrót płomienia.



Rys. 3. Wykres ssania palników PL 3, PP 3, P 4

Pomiar podciśnienia polega na sprawdzeniu ssania w przewodzie gazu palnego. Wartość podciśnienia dla warunków pracy powinna wynosić co najmniej 1000 mm słupa wody [3]. Pomiary podciśnienia (rys. 3) wykazały że w przewodzie acetylenowym badanych palników przekracza ono w zakre-

sie warunków pracy dopuszczalną wartość podciśnienia. Pozostałe badania wypadły również pomyślnie.

Ustalono optymalne parametry pracy palników:

$$p_{O_2} = 3,5 \text{ atn,}$$

$$p_{C_2H_2} = 0,3 \text{ atn.}$$

3.3. Próby hartowania kół nowych

Wstępne próby hartowania przeprowadzono palnikiem P 4 na płytach stalowych o wymiarach około 250 x 100 x 40 mm, stosując następujące parametry: $p_{O_2} = 3,5 \text{ atn}$, $p_{C_2H_2} = 0,3 \text{ atn}$, szybkość przesuwu palnika $V = 12,5 \text{ cm/min}$, zużycie wody chłodzącej $V^x = 6 \text{ l/min}$.

Uzyskano warstwę zahartowaną o grubości 2,5 mm. Rozkład twardości na przekroju poprzecznym próbek podają rys. 4 i 5.

Dalsze próby zostały przeprowadzone na kołach suwnicowych o średnicy 600 mm ze staliwa 35 L, palnikami PL 3 i P 4. Koło suwnicowe mocowane było na manipulatorze spawalniczym MUb 1000.

Przy hartowaniu stosowano następujące parametry:

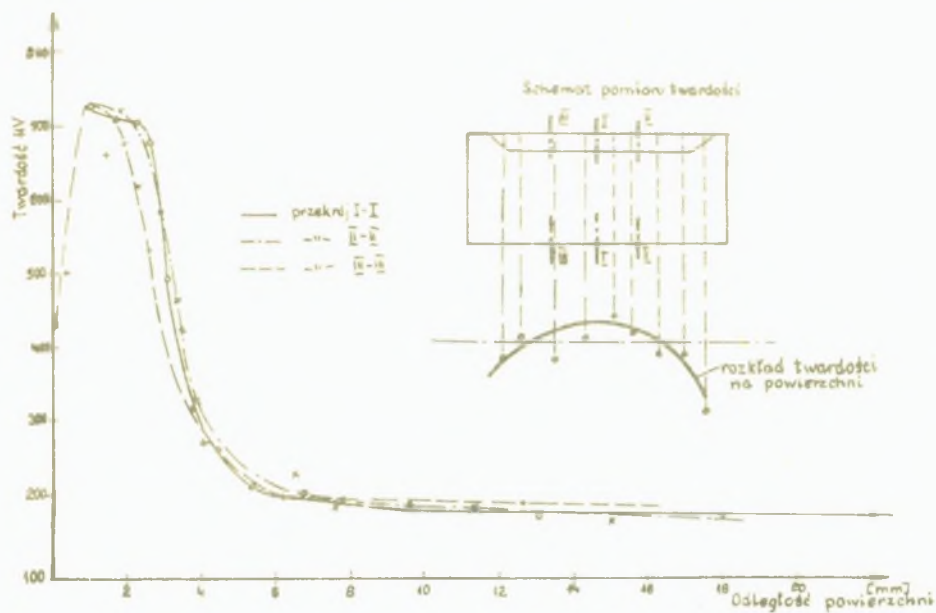
$$p_{O_2} = 3,0 \text{ atn, } p_{C_2H_2} = 0,2 \text{ atn, } \text{ szybkość obwodowa koła}$$

$$V_{obw} = 28,5 \text{ cm/min, } \text{ zużycie wody chłodzącej } V^x = 6 \text{ l/min.}$$

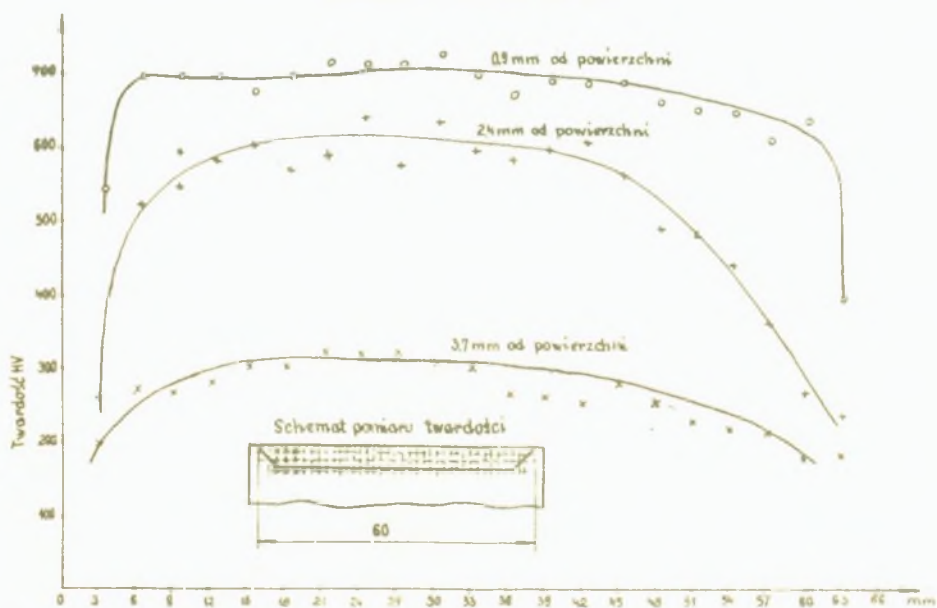
Pomiary twardości warstwy obrabianej cieplnie dokonano na zgładzie wyciętym z koła hartowanego tylko jednym palnikiem (PL 3). Rozkład twardości na hartowanej powierzchni przedstawia rys. 6.

Widoczny spadek twardości w miarę oddalania się od obrzeża spowodowany jest zbyt intensywnym odprowadzeniem ciepła - bieżnia szerokości 100 mm była hartowana jednym palnikiem o szerokości końcówki 48 mm.

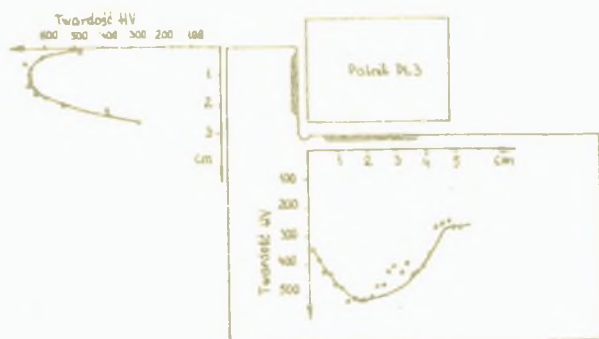
Struktura warstwy zahartowanej w przypadku staliwa 45 L jest martenzytem gruboiglastym (rys. 7) powstałym w wyniku znacznego przekroczenia temperatury AC_3 w procesie nagrzewania. Takie przegrzanie jest konieczne ze względu na utrzymanie odpowiedniej temperatury hartowania na odcinku pomiędzy palnikiem a chłodzeniem wodnym, co może być utrudnione przez szybkie odprowadzenie ciepła (ciało masywne).



Rys. 4. Rozkład twardości w przekrojach I, II, III oraz na powierzchni próbki (staliwo 45 L)



Rys. 5. Rozkład twardości w płaszczyznach równoległych do powierzchni próbki (staliwo 45 L)



Rys. 6. Rozkład twardości na hartowanych powierzchniach koła suwnicowego ϕ 600

a)



b)



Rys. 7. Struktura zahartowanego staliwa 45 L

a - makro. Widoczna równomierna warstwa zahartowana, Traw. Adler, pow. 1 x, b - mikro. Martenzyt gruboiglasty z austenitem szczątkowym. Traw. Nital, pow. 250 x

3.4. Próby hartowania kół regenerowanych

Często w przemyśle występuje zagadnienie hartowania kół regenerowanych. W celu ustalenia optymalnego składu chemicznego napoiny, ze względu na skuteczność hartowania, przeprowadzono próby napawania płyt ze staliwa 45 L i 35 L, stosując różne materiały dodatkowe. Uzyskany skład chemiczny stopiwa dla najczęściej stosowanych zestawów drutów elektrodowych i topników zawiera tablica 2.

Twardość powierzchni napawanych i nienapawanych przed i po hartowaniu

Lp.	Staliwo	Mat. dodatkowe stos. do napawania		Ilość warstw napaw.	Skład chemiczny stopiwa %					Twardość przed hartowaniem HV	Twardość po hartowaniu HV
		drut	topnik		C	Mn	Si	P	S		
1	35L	-	-	-	0,4	0,57	0,23	0,021	0,010	170	-
2	45L	-	-	-	0,43	0,58	0,21	0,021	0,023	200	748
3	35L	35HGSA φ 4	TMnI	1	0,20	1,00	1,17	0,019	0,008	322	663
				2	0,21	1,19	1,52	0,023	0,008	442	578
4	35L	Sp1A φ 5	TMnIIa	1	0,11	1,05	0,21	0,020	0,031	202	227
				2	0,05	1,43	0,36	0,019	0,030	208	201
5	35L	35HGSA φ 4	TMnIIa	1	0,26	1,62	1,02	0,020	0,011	470	643
				2	0,23	1,55	1,23	0,021	0,010	485	617
6	35L	35HGSA φ 4	TN350	1	0,30	1,55	0,79	0,018	0,011	443	693
				2	0,27	1,87	1,01	0,022	0,010	505	767
7	45L	SP1A φ 5	TMnIIa	1	0,11	1,24	0,27	0,017	0,025	202	224
				2	0,06	1,51	0,47	0,019	0,029	202	217
8	45L	35HGSA φ 4	TMnIIa	1	0,26	1,72	1,02	0,020	0,011	500	652
				2	0,23	2,18	1,23	0,020	0,011	508	604
9	45L	35HGSA φ 4	TN350	1	0,31	1,57	0,79	0,020	0,012	420	755
				2	0,27	1,85	1,01	0,023	0,007	537	678

Wstępne próby hartowania przeprowadzono palnikiem P4, wykorzystując napawane, a następnie obrobione mechanicznie płyty stalowe. Warunki hartowania były identyczne jak w przypadku hartowania płyt stalowych nienapawanych. Uzyskane wyniki zestawiono w tabelicy 2.

a)



b)



Rys. 8. Struktura warstwy napawanej drutem 35 HGSA i topnikiem TN350, stalowo 35L

a - makro. Równomierna warstwa zahartowana, widoczne pęknięcia. Traw. Adler, pow. 1x, b - mikro. Martenzyt z austenitem szczątkowym, Traw. Nital, pow. 250x

Próby hartowania przeprowadzone na kołach regenerowanych potwierdziły przydatność metody hartowania płomieniowego do powierzchniowego utwardzenia.

W przypadku kół regenerowanych przez napawanie napoina w większości stosowanych kombinacji (tabl. 2) ma strukturę martenzytu z austenitem szczątkowym (rys. 8) o twardości powyżej 700 HV.

Badania metalograficzne powierzchni napawanych i hartowanych ujawniły pęknięcia w warstwie napawanej, powstałe przypuszczalnie na gorąco podczas napawania. Wskutek hartowania i naprężeń hartowniczych pęknięcia te powiększyły się i są wyraźnie widoczne na rys. 8a. Celem uniknięcia tych pęknięć należy koła przed napawaniem podgrzać wstępnie do temperatury około 150°C. Wyniki badań makroskopowych ukazały równomierność warstwy zahartowanej (rys. 7 i 8) na całej długości, i tym samym potwierdziły wyniki pomiarów twardości (rys. 4).

W przypadku zbyt wysokiej twardości kół, co ma miejsce właśnie przy kołach napawanych i hartowanych, może zaistnieć sytuacja szybszego zużycia się szyn jezdnych w stosunku do zużywania się kół suwnicowych.

4. Wnioski

1. Hartowanie płomieniowe powierzchni kół suwnicowych wykonanych ze staliw średnio węglowych i niskostopowych zapewnia otrzymanie wysokiej twardości warstwy zahartowanej (powyżej 500 HV).
2. Podobne wyniki daje również hartowanie powierzchni kół regenerowanych przez napawanie żukiem krytym.

LITERATURA

- [1] POGÓRZECKI K.: Hartowanie płomieniowe stali i żeliwa, Warszawa, WNT 1955 r.
- [2] KEEL C.F.: Der praktische Autogen-Schweisser, Basel, Verlag Schweiz Verein für Schweisstechnik 1961 r.
- [3] PAŁASZ J.: Badania kontrolne i odbiorcze palników smoczkowych. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, nr 37, Gliwice.

ПЛАМЕННАЯ ЗАКАЛКА КРАНОВЫХ ХОДОВЫХ КОЛЕС

С о д е р ж а н и е

Были проведены попытки закалки поверхности ходовых колес новых как и наплавленных с использованием специально изготовленных горелок.

Были произведены измерения твердости и металлографические исследования поверхностей наплавленных различными присадочными металлами и затем подвергаемых закалке.

THE FLAME HARDENING OF CRANE WHEELS

S u m m a r y

Experiments of hardening new and regenerated crane wheels have been carried out with help of special designed burners.

Measurement of hardness and metallographic investigations of wheels surfaced with various additional welding materials and then hardened on surface post welding are presented.