ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991
Seria: HUTNICTWO z.36 Nr kol. 1036

Jerzy BARGLIK
Romuald KADZIMIERZ
Krzysztof KUREK
Czesław SAJDAK
Zygmunt SZCZEPAŃSKI
Tadeusz WIECZOREK

Instytut Metalurgii
Zakład Elektrotermii Hutniczej
Politechnika Śląska

NAGRZEWANIE INDUKCYJNE W PROCESACH UTWARDZANIA POWIERZCHNIOWEGO WYROBÓW HUTNICZYCH

Streszczenie. W Zakładzie Elektrotermii Hutniczej Politechniki Śląskiej opracowano technologie utwardzania powierzchniowego różnych wyrobów hutniczych i części maszyn. W pracy przedstawiono podstawowe parametry procesów hartowania indukcyjnego kół dźwignicowych, rur do transportu podsadzki, iglic kolejowych oraz trzpieni pielgrzymowych.

1. Wstęp

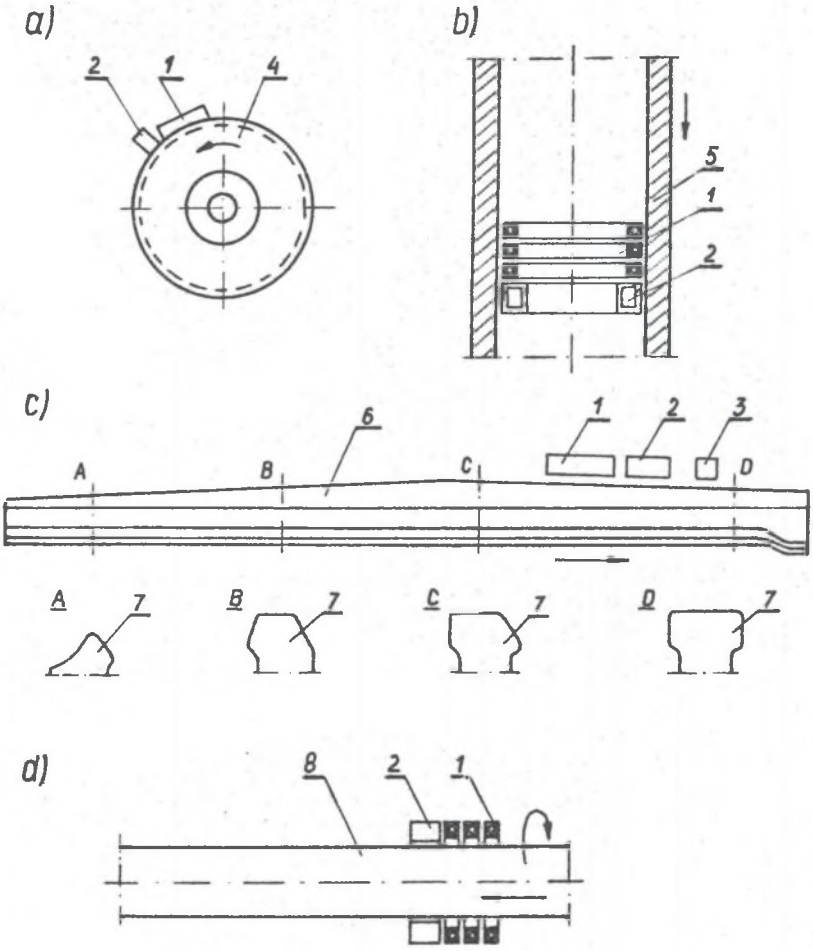
Nagrzewanie indukcyjne jest powszechnie stosowane w świecie w procesach utwardzania części maszyn, szyn kolejowych i innych wyrobów hutniczych poddawanych obróbce cieplnej w celu otrzymania twardej i odpornej na ścieranie warstwy powierzchniowej, przy zachowaniu niezmienionych własności rdzenia wsadu.

Hartowanie indukcyjne wykazuje wiele zalet, m.in. możliwość zmiany w szerokim zakresie grubości nagrzewanej i utwardzonej warstwy (poprzez dobór częstotliwości prądu zasilającego wzbudnik), bardzo duża wydajność procesu i wysoki stopień jego automatyzacji, brak odkształceń nagrzewanego wsadu, możliwość utwardzania miejscowego wybranych, nawet niewielkich powierzchni wsadu, małe jednostkowe zużycie energii.

Rozwój w kraju produkcji źródeł zasilania średniej i wielkiej częstotliwości stwarza warunki do znacznie szerszego niż dotąd zastosowania przemysłowego hartowania indukcyjnego. Nagrzewanie indukcyjne, m.in. w procesach obróbki cieplnej, jest podstawową specjalnością naukowo-badawczą Zakładu Elektrotermii Hutniczej Politechniki Śląskiej. W latach 1983-88 opracowano kilka technologii hartowania indukcyjnego wyrobów hutniczych, m. in. kół dźwignicowych, iglic i szyn kolejowych, rur, trzpieni pielgrzymowych, walców oraz elementów przenośników zgrzebłowych.

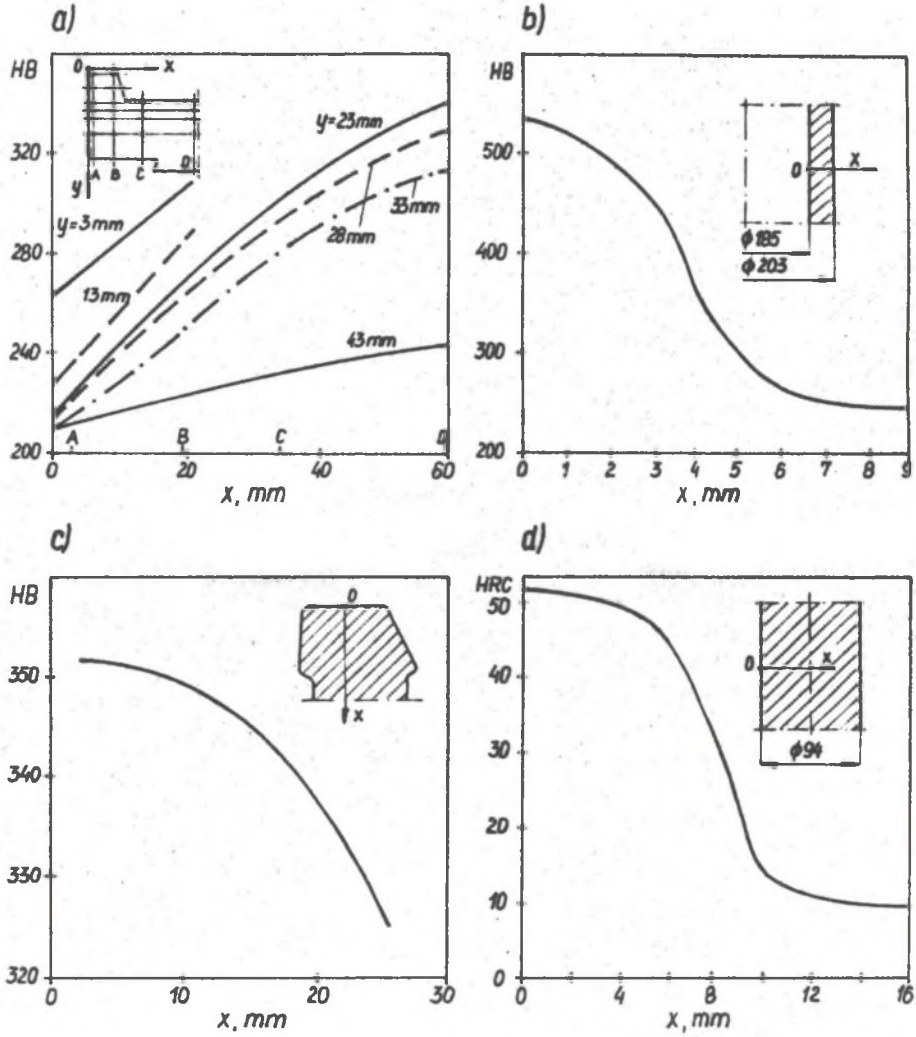
2. Utwardzanie bieżni i obrzeży kół dźwignicowych

Technologia produkcji kół jezdnych do dźwignic przewiduje utwardzanie bieżni i obrzeży kół do twardości 280-360 HB przy możliwie małym gradiencie twardości między warstwą utwardzoną i miękką częścią wieńca.



Rys.1 Hartowanie indukcyjne: a - kół dźwignicowych, b - rur od wewnątrz, c - iglic kolejowych, d - trzpieni pielgrzymowych, 1 - wzbudnik, 2 -natryskiwacz, 3 - natryskiwacz dodatkowy do chłodzenia końcowego, 4 - koło dźwignicowe, 5 - rura, 6 - iglica, 7 - przekroje poprzeczne iglic, 8 - trzpień

Produkowane w Hucie Mała Panew koła jezdne o średnicach 200-900 mm ze stali L40G2M i L45G2 przed hartowaniem nagrzewane są skrośnie w piecu płomieniowym do temperatury 880°C, a następnie chłodzone przez obrotowe zanurzanie w wodzie do połowy wysokości wieńca. Po hartowaniu przeprowadza się odpuszczanie zmniejszające naprężenia własne.



Rys.2 Rozkłady twardości: a - bieżni i obrzeży koła dźwignicowego, b - wzdłuż grubości ścianki rury, c - w głąb iglicy, d - w głąb trzpienia pielgrzymowego

Nagrzewanie skrośne kół jest bardzo energochłonne (wsady znajdują się w piecu od kilku do kilkunastu godzin), a proces technologiczny jest mało wydajny i uciążliwy dla obsługi.

Wady te wyeliminowano w opracowanej w Zakładzie Elektrotermii Hutniczej technologii utwardzania powierzchniowego, z wykorzystaniem nagrzewania indukcyjnego prądami średniej częstotliwości [1-3]. Ze względu na duże średnice kół, wymagania technologiczne oraz ograniczony asortyment produkowanych w kraju źródeł zasilania średniej częstotliwości zdecydowano się na zastosowanie jednoobrotowej metody hartowania [4], w której poddawane obróbce cieplnej koło obraca się względem nieruchomego wzbudnika i umieszczonego bezpośrednio za nim natryskiwacza (rys.1a).

Szczegółowe badania procesu hartowania przeprowadzono dla kół o średnicy 500 mm i szerokości bieżni 85 mm. Umożliwiły one dobór konstrukcji wzbudnika oraz ustalenia parametrów zasilania, nagrzewania i chłodzenia [1-3]. Powierzchnie bieżni i obrzeży nagrzewano do temperatury 880°C wzbudnikiem pętlowym o 5 zwojach, zasilanym ze źródła o mocy 55 kW i częstotliwości 2,5 kHz. Chłodzenie odbywało się za pomocą mieszanki wodno-powietrznej.

Najwłaściwsze rozkłady twardości (przykładowy pokazano na rys.2a), zgodne z założeniami technologicznymi, uzyskano przy prędkości przesuwu ok.0,9 mm/s, ciśnieniu powietrza - 0,2 MPa i natężeniu przepływu wody - ok. 0,025 m^3/h.

Nierównomierność twardości powierzchni bieżni nie przekracza 15 HB, a charakterystyczna dla jednoobrotowej metody hartowania strefa o obniżonej twardości stanowi tylko ok.2% obwodu bieżni. Stwierdzono wzrost wartości naprężeń własnych w kołach po hartowaniu indukcyjnym [3,5] (w porównaniu z uzyskiwanymi w stosowanej dotąd technologii). Naprężenia mają jednak charakter ściskający i nie powinny zwiększać prawdopodobieństwa pękania kół.

3. Hartowanie powierzchni wewnętrznych rur

Powierzchnie wewnętrzne rur stalowych przeznaczonych do transportu podsadzki w kopalniach są hartowane, przy czym stosowane w tym procesie nagrzewanie indukcyjne ma charakter skrośny i odbywa się za pomocą wzbudników zewnętrznych. Po zahartowaniu do końców rur spawane są kołnierze, służące do łączenia odcinków rur w rurociągi.

Z badań eksploatacyjnych rurociągów wynika, że największe zużycie rur występuje w pobliżu kołnierzy, co może być spowodowane lokalnym zmniejszeniem twardości stali wskutek jej odpuszczania podczas spawania.

W opracowanej technologii obróbkę cieplną rur przeprowadza się dopiero po zamontowaniu kołnierzy [6]. Powoduje to konieczność użycia do nagrzewania wzbudników wewnętrznych (rys.1b).

Warunki nagrzewania i chłodzenia ustalono dla rur ze stali R65 o długości 2 m, średnicy wewnętrznej 185 mm i grubości ścianek 9 mm. Dolny kołnierz nagrzewano stacjonarnie, pozostałe części rury - przelotowo, przy prędkości przesuwu ok. 1mm/s. Moc czynna pobierana przez wzbudnik wynosiła 95-100 kW, przy częstotliwości ok. 9,8 kHz. Konstrukcję stanowiska doświadczalnego oraz szerszy opis badań przedstawiono w [6-8].

W zależności od intensywności chłodzenia wodnego i parametrów zasilania wzbudnika uzyskiwano twardości powierzchni wewnętrznej od 400 do 560 HB, przy twardościach powierzchni zewnętrznej - od 250 do 420 HB [6]. Przykładowy rozkład twardości w ściance rury pokazano na rys.2b.

4. Hartowanie indukcyjne iglic kolejowych

W literaturze światowej dane na temat hartowania powierzchniowego iglic i innych profili szynowych spotyka się rzadko. Większość opracowań dotyczy szyn kolejowych [9]. Na podstawie zawartych w tych pracach informacji oraz własnych doświadczeń zaprojektowano i zbudowano w Zakładzie Elektrotermii Hutniczej stanowisko do indukcyjnego hartowania iglic typu S-60 i S-49 o długości do 6 m. Zdecydowano się na nagrzewanie główki szyny jednym wzbudnikiem zasilanym prądem o częstotliwości 2,5 kHz, na hartowanie przy użyciu natryskiwacza wodno-powietrznego umieszczonego tuż za wzbudnikiem oraz chłodzenie końcowe natryskiwaczem wodnym (rys.1c). W skład stanowiska doświadczalnego wchodzą ponadto: podajnik do przemieszczania i wstępnego wyginania iglic, mechanizm zmiany położenia wzbudnika, transformator dopasowujący, bateria kondensatorowa, układy: zasilania elektrycznego, wodnego i sprężonym powietrzem, pomiarowe, sterowania, i zabezpieczeń. Próby nagrzewania prowadzono na odcinkach iglic w celu doboru parametrów zasilania wzbudnika i właściwej temperatury hartowania. Mierzono rozkłady temperatury w przekroju poprzecznym wsadu w różnych miejscach wzdłuż iglic, gdyż są to elementy o bardzo zróżnicowanym przekroju (rys.1c).

Próby hartowania iglic S-60 i S-49 wykonano przy różnych intensywnościach chłodzenia. Uzyskiwane twardości powierzchni mieściły się w granicach od 300 do 460 HB, w zależności od sposobu chłodzenia. Zgodnie z danymi literaturowymi za właściwy uznano rozkład twardości pokazany na rys.2c (twardość powierzchniowa ok.350 HB i mały gradient twardości w przekroju poprzecznym iglicy). Badania makrostruktury wykazały, że grubość warstwy zahartowanej wynosi ok.12-15 mm [10,11]. W warstwie zahartowanej występuje drobny perlit.

Po zakończeniu hartowania iglice ulegały niewielkim odkształceniom i dlatego musiały być dodatkowo prostowane. Próbna partia zahartowanych iglic została przekazana do badań eksploatacyjnych.

5. Hartowanie indukcyjne trzpieni pielgrzymowych

Hartowano indukcyjnie trzpienie pielgrzymowe o średnicach od 94 do 129 mm i długościach do 3 m, przeznaczone do walcowania rur systemem Mannesmanna. Trzpienie nagrzewano metodą postępowo-obrotową [4](rys.1d), do temperatur 880-950 °C. Układ mechaniczny podajnika wsadu umożliwiał zmianę prędkości przesuwu w zakresie 70-140 mm/min. Stosowano chłodzenie sprężonym powietrzem, wodą oraz mieszanką wodno-powietrzną.

Wzbudniki (średnice wewnętrzne: 102, 113, i 140 mm) zasilano prądem o częstotliwości ok. 2 kHz. Moc czynna pobierana przez nagrzewnicę, zależna od średnicy wsadu, prędkości przesuwu oraz temperatury powierzchni, wynosiła od 64 do 100 kW [12,13] .

Uzyskiwano twardości powierzchni od 300 do 600 HB oraz głębokości hartowania od 6 do 15 nm. Przykładowy rozkład twardości w głąb trzpienia pokazano na rys.2d.

LITERATURA

[1] Sajdak Cz., Kurek K.: Opracowanie technologii hartowania indukcyjnego bieżni wybranych kół jezdnych do dźwignic. Instytut Metalurgii Politechniki Śląskiej, Katowice 1987, (nie publikowane).

[2] Sajdak Cz., Kurek K: Utwardzanie powierzchniowe bieżni i obrzeży kół dźwignicowych. II Konferencja "Badania naukowe w elektrotermii", Wisła 1987, s.32-41.

[3] Kurek K., Sajdak Cz.: Nagrzewanie indukcyjne w procesie obróbki cieplnej kół dźwignicowych. III Konferencja "Badania naukowe w elektrotermiii", Wisła 1988, s.40-49.

[4] Sajdak Cz., Samek E.: Nagrzewanie indukcyjne. Podstawy teoretyczne i zastosowanie. Wyd. "Śląsk", Katowice 1987.

[5] Chladek W.: Pomiary naprężeń własnych kół jezdnych. Ekspertyza SITPH nr 175/87, Katowice 1987.

[6] Muszyński J. i inni: Technologia wytwarzania rur o podwyższonej twardości dla podsadzki hydraulicznej. Sprawozdanie OMG "Komag", Gliwice 1987 (nie publikowane).

[7] Barglik J.,Muszyński J.: Stanowisko do hartowania indukcyjnego rur wzbudnikiem wewnętrznym. III Konferencja "Badania naukowe w elektrotermii", Wisła 1988, s.12-19.

[8] Urządzenie do indukcyjnego hartowania wewnętrznej powierzchni elementu rurowego. Wzór użytkowy nr 44193.

[9] Wieczorek T.: Hutnik, 1986, nr 12, s.327-330.

[10] Wieczorek T.: Badania procesu hartowania indukcyjnego iglic szynowych typu S-60 i S-49 o długościach 6 m stosowanych w rozjazdach kolejowych. Konferencja "Nowoczesne urządzenia i technologie elektrotermiczne w metalurgii", Szczyrk 1987, s.154-163.

[11] Wieczorek T.: Wyniki prób laboratoryjnych hartowania indukcyjnego iglic kolejowych. II Konferencja " Badania naukowe w eleltrotermii", Wisła 1987, s.42-50.

[12] Kadzimierz R., Sajdak Cz., Wieczorek T.: Koncepcja i próby hartowania indukcyjnego trzpieni pielgrzymowych. Ekspertyza SEP nr 14/17, Katowice 1987.

[13] Kadzimierz R. i inni: Indukcyjne hartowanie powierzchniowe trzpieni pielgrzymowych dla zespołu MM II w warunkach Wydziału Walcowni Rur Huty Batory. III Konferencja "Badania naukowe w elektrotermii", Wisła 1988, s.83-90.

INDUCTION HEATING IN THE PROCESS OF SURFACE HARDENING OF METALLURGICAL PRODUCTS

Summary

Technologies for metallurgic product surface hardening and machinery parts hardening have been developed at the Institute of Metallurgical Electrothermics of the Silesian Technical University. Basic parameters for induction hardening processes of crane wheels, transporting pipes for filling, rail needles and pilger mandrels have been presented in this paper as well.

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ В ПРОЦЕССАХ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Резюме

На кафедре металлургической электротермии Силезского политехнического института разработаны технологии поверхностной закалки разных металлургических изделий и деталей машин. В работе представлены параметры процессов индукционной закалки крановых колес, труб для транспортировки гидрозакладки, железнодорожных остряков а также стержней для пилигримовой прокатки труб.