

Romuald KADZIMIERZ, Czesław SAJDAK, Tadeusz WIECZOREK

Katedra Podstaw Procesów Metalurgicznych

Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej

Politechnika Śląska

Kazimierz KUCIA, Waclaw MEIXNER

Huta Batory

OPRACOWANIE NOWEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA TRZPIENI PIELGRZYMOWYCH STOSOWANYCH W PROCESIE WALCOWANIA RUR METODĄ MANNESMANN

Część I

STANOWISKO DO INDUKCYJNEGO HARTOWANIA POWIERZCHNIOWEGO TRZPIENI PIELGRZYMOWYCH

Streszczenie. W pracy omówiono dotychczasową technologię wytwarzania trzpieni oraz budowę stanowiska półprzemysłowego do ich indukcyjnego hartowania powierzchniowego. Przeanalizowano wyniki eksploatacyjne uzyskiwane dla trzpieni produkowanych zgodnie z dotychczasową technologią. Opisano budowę nagrzewnicy indukcyjnej do hartowania trzpieni pielgrzymowych.

Summary. The paper discusses the hitherto technology of mandrels production and the construction of semi-industrial stand for their induction surface hardening. Testing results for the mandrels made according to hitherto production have been analysed. The construction of induction heater for mandrel hardening has been described.

Резюме. В работе рассмотрена существующая до сих пор технология производства стержней а также создание полупромышленного стенда для их индукционной поверхностной закалки. Проведен анализ эксплуатационных результатов полученных в производстве стержней производимых согласно с существующей технологии. Описана конструкция индукционного нагревателя для закалки стержней для пилигримовой прокатки труб.

1. WSTĘP

Przedstawione opracowanie obejmuje wyniki prac koncepcyjnych, prób, badań i analiz dotyczących zagadnienia zwiększenia trwałości trzpieni pielgrzymowych stosowanych na Wydziale Walcowni Rur Huty Batory w zespole MMII. Ze względu na obszerność materiału badawczego i wyników eksploatacyjnych opracowanie podzielono na 2 części. Szczegółowe przedstawienie uzyskanych rezultatów powinno, zdaniem autorów, umożliwić wykorzystanie ich także przez inne huty stosujące walcowanie rur metodą Mannesmana.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą dotychczasowej technologii wytwarzania trzpieni pielgrzymowych oraz uzyskiwanymi wynikami eksploatacyjnymi stwierdzono, że z uwagi na znaczny wskaźnik zużycia trzpieni przypadający na tonę odwalcowanych rur, niezbędne jest podjęcie prac zmierzających do zmiany technologii ich wytwarzania, przez zastosowanie hartowania indukcyjnego. W tym celu zaprojektowano i zbudowano stanowisko doświadczalne składające się z samotoku skośnorolkowego ze stabilizacją prędkości, układu zasilania elektrycznego średniej częstotliwości, układu chłodzenia wodnego wraz z natryskiwaczem wodno-powietrznym oraz układu pomiaru parametrów elektrycznych, chłodzenia i temperatury.

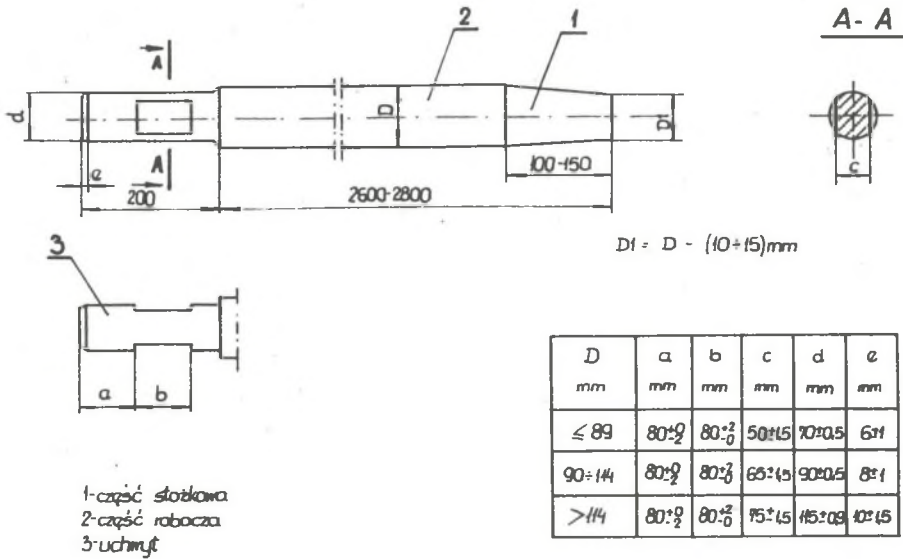
Zagadnienie to opracowane zostało przy ścisłej współpracy Zakładu Elektrotermii Hutniczej Instytutu Metalurgii Politechniki Śląskiej oraz Huty Batory.

2. DOTYCHCZASOWA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA TRZPIENI PIELGRZYMOWYCH DLA ZESPOŁU MMII

Trzpień pielgrzymowe (rys.1) dla zespołu MMII wytwarzane są z kilku gatunków stali, w zależności od ich średnicy. I tak:

- trzpień Φ 50- 89 mm - gatunek T4NL i 35HN2MF,
- trzpień Φ 90-125 mm - gatunek 50NHMF,
- trzpień Φ 126-156 mm - gatunek 40NHF.

Materiał wsadowy stanowią pręty walcowane i kute. Z prętów walcowanych wytwarza się trzpień Φ 60-125 mm, natomiast z prętów kutych trzpień Φ 130-160 mm, wszystkie o długościach 2,8-3,0 m. Pręty dostarczane są



Rys.1. Szkic wymiarowy trzcienia pielgrzymowego
Fig.1. Dimensional draft of the mandrel

w stanie żarzonym o twardościach nie przekraczających 302 HB. W celu zapewnienia czystości wewnętrznej prętów wykonuje się losowo próby głębokiego trawienia, co jak się okazało w praktyce, jest nie zawsze metodą skuteczną i nie w całości eliminuje pręty wadliwe. Aby nie dopuścić do produkcji materiału z wadami wewnętrznymi, najbardziej odpowiedzialną część trzcienia, tj. część uchwytną bada się metodą ultradźwiękową na długości ok. 400 mm od końca.

Średnica prętów powinna być tak dobrana, aby w przypadku prętów swobodnie kutyh naddatek na obróbkę mechaniczną nie przekraczał 15 mm, a dla prętów walcowanych i kutyh na kowarkach 5 mm. Skórowanie prętów przeprowadza się na całej ich długości pozostawiając naddatek do 3 mm w stosunku do średnicy nominalnej trzcienia. Następnie wykonuje się podtoczenie części uchwytnowej i przedniej części stożkowej.

Trzpienie wytwarzane są z prętów walcowanych lub kutych. Pręty walcowane wyżarzane są w temperaturze 680°C , co zabezpiecza je przed powstawaniem pęknięć śnieżnych. Pręty kute na kowarkach są żarzone izotermicznie przy temperaturze 850°C do 600°C . Twardość prętów po wyżarzeniu zmiękczającym powinna wynosić 255-302 HB. Tak niska twardość konieczna jest dla umożliwienia obróbki mechanicznej. Następnie wykonuje się zaczepty w części uchwytywowej po jej podgrzaniu do temperatury 1100°C , przez wytlaczanie na gorąco. Kolejną operacją jest podgrzewanie części roboczej do 1100°C i przekuwanie w kowadłach wykrojowych na wymagane wymiary. Ma to na celu zmniejszenie średnicy o ok. 3 mm oraz wygładzenie nierówności powierzchni po skrawaniu.

Trzpienie wykonane według opisanej technologii mają twardość powierzchniową po przekuciu ok. 270-360 HB, natomiast twardość rdzenia wynosi ok. 230-310 HB.

Proponowana modyfikacja technologii wytwarzania trzpieni pielgrzymowych obejmuje:

- zastąpienie dotychczas stosowanych gatunków stali jednym, tj. stałą 50NHMF,
- przekuwanie w kowadłach wykrojowych w temperaturze 900°C ,
- hartowanie indukcyjne części roboczej trzpienia.

3. ANALIZA WYNIKÓW EKSPLOATACYJNYCH TRZPIENI WYTWARZANYCH ZGODNIE Z DOTYCHCZASOWĄ TECHNOLOGIĄ

Podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym jakość trzpieni pielgrzymowych jest ich zużycie mierzone w kg na 1 tonę odwalcowanych rur. Za 1989 rok wskaźnik ten wynosił 5,9 kg/t rur. Wartość tą należy ocenić jako bardzo wysoka, wyraźnie rzutuująca na koszty produkcji rur (średni koszt 1 szt. trzpienia wchodzącego do eksploatacji wynosi ok. 10 mln zł).

Do głównych przyczyn eliminujących trzpienie z eksploatacji należą:

- pęknięcia wzdłużne i poprzeczne. Te ostatnie, jeśli wystąpią, powodują natychmiastowe wycofanie z eksploatacji bez względu na liczbę odwalcowanych rur. Pęknięcia wzdłużne, jeśli występują na niewielkich długościach, nie są przeszkodą do dopuszczenia trzpienia do dalszej eksploatacji. Pęknięcia występujące od strony uchwytu oraz pęknięcia powodujące wpływy

materiału podczas walcowania na ściance wewnętrznej rury stanowią podstawę do złomowania trzpienia. Przyjmując całość pęknięć jako 100%, pęknięcia poprzeczne są przyczyną złomowania w 30%, natomiast wzdłużne w 70%. Najwięcej tego rodzaju pęknięć spotyka się w przypadku trzpieni o średnicach powyżej 120 mm, wykonanych ze stali 40NHF,

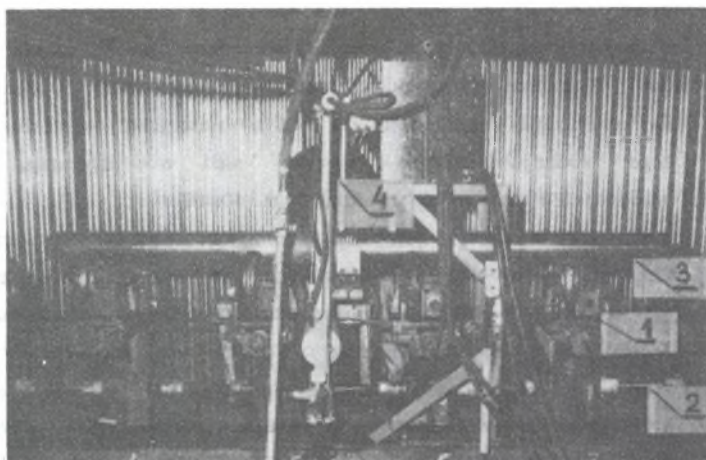
- ubytki materiałowe w części roboczej trzpienia, stanowiące przyczynę wycofania z eksploatacji w ok. 50%. Związane są one z małą twardością eksploatowanych trzpieni, a to z kolei wynika z warunków przekuwania. Zabieg przekuwania może być powtarzany wielokrotnie, aż do wystąpienia pęknięć wzdłużnych lub nadmiernej chropowatości powierzchni,

- ubytki materiałowe w części uchwytovej, stanowiące ok. 20% przyczyn eliminujących trzpienie z eksploatacji.

Jak wykazały przeprowadzone badania [1], trzpienie charakteryzują się gruboziarnistą strukturą oraz gorszymi własnościami plastycznymi, co ma bezpośredni wpływ na wartość wskaźnika zużycia. Z tych powodów przystąpiono do prac badawczych mających na celu opracowanie nowej technologii wytwarzania trzpieni pielgrzymowych.

4. STANOWISKO DOŚWIADCZALNE

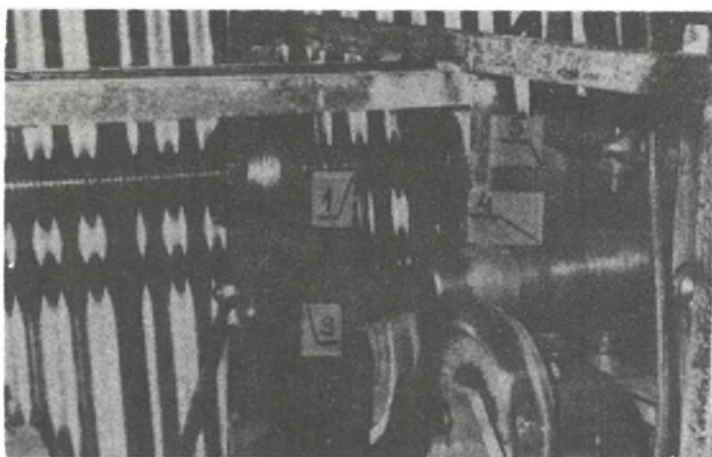
Samotok skośnorolkowy (rys.2) stosowany do prób indukcyjnego hartowania trzpieni ustawiony jest na ramie wykonanej z ceownika 160. Składa się z 10 stojaków rolkowych (1) napędzanych poprzez przekładnię bezstopniową typu BWP 2A 3728 silnikiem typu SZJKe34b (3x380 V, 4 kW, 1430 obr/min). Napęd do stojaków przenoszony jest wspólnym wałem napędowym (2), który przez przekładnię zębate stożkowe oraz ślimakowe porusza rolki o średnicy 220 mm, (rozstaw rolek może być zmieniany). Regulowana prędkość obrotowa rolek pozwala na zmianę prędkości obwodowej trzpienia. Regulację szybkości przesuwu osiowego trzpienia (3) w zakresie 0-58 mm/s uzyskuje się przez zmianę kąta ustawienia rolek względem osi samotoku. Zmiany te dokonywane są ręcznie, za pomocą cięgna regulacji kąta ustawienia rolek. W czasie prób hartowania prędkości wzdłużnego przesuwu trzpienia mieściły się w zakresie 1,3 - 2,5 mm/s. W środkowej części samotoku, między stojakami 5 i 6, zabudowany jest układ hartowniczy (4).



Rys.2. Samotok skośnorolkowy stosowany do prób indukcyjnego hartowania trzpieni 1- stojaki rolkowe, 2- wał napędowy, 3- hartowany trzpień, 4- układ hartowniczy

Fig.2. Skew roller table applied at the tests of mandrel induction hardening 1 - roller stands, 2 - drive shaft, 3 - mandrel, 4 - hardening system

Pierwsze próby hartowania [1,2] wykazały niewielkie wahania prędkości przesuwu trzpienia. Wynikało to z różnic kątów ustawienia poszczególnych rolek oraz ze zmieniających się warunków tarcia między rolkami a trzpieniem. Ponieważ wahania prędkości przesuwu trzpienia przez wzbudnik powodowały zakłócenia parametrów elektrycznych układu grzejnego, zabudowano w części układu za wzbudnikiem urządzenie zapewniające jednostajny ruch wzdłużny trzpienia (rys.3). Urządzenie to składa się ze śruby pociągowej (1), przekładni łańcuchowej (2) oraz nakrętki stanowiącej wysięgnik oporowy (3) dla czoła przesuwanego trzpienia (4). Napęd na śrubę pociągową przenoszony jest przez przekładnię łańcuchową ze stojaka rolkowego. Liczba obrotów ustalana jest przekładnią bezstopniową. Działanie urządzenia polega na tym, że ustalona prędkość trzpienia na samotoku skośnorolkowym jest minimalnie większa od założonej prędkości hartowania.

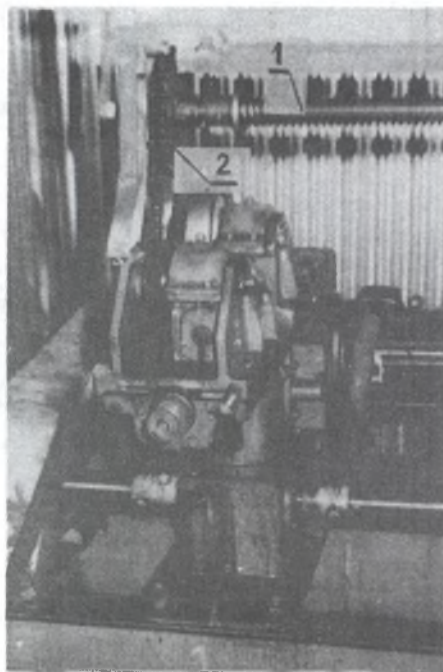


Rys.3a. Fragmenty układu regulacji prędkości samotoku - widok od strony układu hartowniczego, 1- śruba pociągowa, 2- przekładnia, 3- wysięgnik oporowy, 4- trzpień, 5- układ hartowniczy

Fig.3a. Fragments of system of roller-table speed regulation - hardening system side view, 1 - lead screw, 2 - gear, 3 - extension arm, 4 - mandrel, 5 - hardening system

Tak więc czoło trzpienia po przejściu przez wzbudnik jest w kontakcie stykowym z obrotową kulka wysięgnika oporowego, który hamuje trzpień w przypadku zmian prędkości samotoku. Rozwiązanie to pozwoliło na bezzakłóceniewe przeprowadzenie prób hartowania.

Widok układu do indukcyjnego hartowania trzpieni pielgrzymowych pokazano na rys.4. W środkowej części stanowiska znajduje się układ: wzbudnik (1) - natryskiwacz (2) oraz podest z transformatorem dopasowującym średniej częstotliwości TK-1250 (3). Zastosowany natryskiwacz hartowniczy składa się z zespołu dysz wodno-powietrznych umocowanych do ramy wykonanej z kątowników. Woda doprowadzana jest do niego z sieci przemysłowej przez zbiornik pośredniczący zawieszony nad stanowiskiem. Rozwiązanie takie zapewniało stałe ciśnienie wody doprowadzonej do dysz. Powietrze o regulowanym ciśnieniu dostarczane było przez kolektor rozdzielający, umieszczony na wylocie małego zbiornika wyrównawczego. Szczegółowe rysunki konstrukcyjne stosowanych dysz wodno-powietrznych oraz układu chłodzenia wodnego przedstawiono w [1].

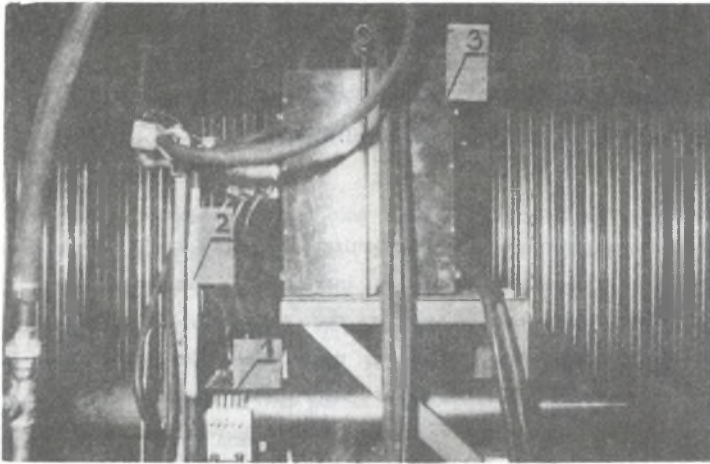


Rys.3b. Fragmenty układu regulacji prędkości samotoku - widok od strony przekładni, 1- śruba pociągowa, 2- przekładnia, 3- wysięgnik oporowy, 4- trzpień, 5- układ hartowniczy

Fig.3b. Fragments of system of roller-table speed regulation - transmission side view 1 - lead screw, 2 - gear, 3 - extension arm, 4 - mandrel, 5 - hardening system

Do nagrzewania indukcyjnego trzpieni w zależności od ich średnicy stosowane były wzbudniki cylindryczne o średnicach wewnętrznych 113, 121 i 140 mm, nawinięte z rurki miedzianej 12x16x2 mm. Wykonano je jako 5-zwojowe, przy czym izolację międzyzwojową stanowiła szczelina powietrzna.

Celem ochrony wzbudnika przed nadmiernym zraszaniem wodą zastosowano miedziany ekran osłaniający. Wzbudnik zasilany był ze źródła średniej częstotliwości o mocy 200 kW, napięciu 500 V i częstotliwości 2000 Hz (w trakcie prób używano również innych źródeł zasilania, różniących się nieco parametrami, opisanych w [1,2]).



Rys.4. Widok układu do indukcyjnego hartowania trzpieni 1- wzbudnik, 2- natryskiwacz, 3- transformator

Fig.4. The view of the system for induction hardening of the mandrels 1- inductor, 2 - sprayer, 3 - transformer

LITERATURA

- [1] Kadzimirz R., Sajdak C., Wieczorek T., Kucia K., Partyka S., Kadzimirz T.: Sprawozdanie z ekspertyzy SEP nr 14/17/K/87 (materiały niepublikowane).
- [2] Kadzimirz R., Sajdak C., Wieczorek T., Kucia K., Kadzimirz T., Partyka S., Nawrocki K.: Indukcyjne hartowanie powierzchniowe trzpieni pielgrzymowych dla zespołu MMII w warunkach Wydziału Walcowni Rur Huty Batory. III Konferencja "Badania naukowe w elektrotermii", Wisła 1988, ss.83-90.

DEVELOPING OF A NEW TECHNOLOGY IN PRODUCTION OF PILGER MANDRELS APPLIED FOR PIPES ROLLING IN THE MANNESMANN METHOD

PART I

THE EXPERIMENTAL STAND FOR SURFACE INDUCTION HARDENING OF PILGER MANDRELS

Abstract

The presented paper contains some results of pilot works, tests, examinations and analysis connected with an increase in abrasion hardness of pilger mandrels, they have been used at the tube mill of "Batory" steelwork. Because of quite a wide range of researches, the issue was divided into two parts (I and II). The detailed description should enable to adopt the obtained results by another steelworks, which have been used the Mannesmann method.

On the basis of the present technology in production of the pilger mandrels and obtained operation results was stated, that the wear coefficient is too high. Therefore, the surface induction hardening was put into practice. To this purpose, an experimental stand contained: an extension roller table, electrical supplying and heating system of middle frequency, water cooling system with a spray and temperature measurement system was designed and built. Researches were led by the Electro-Heat Department of Silesian University of Technology in co-operation with "Batory" steelwork.

Describing the present in production of the pilger mandrels (Chapter 2) there were made known: dimensions (Fig. 1), grades of steel and main stages of the technological process. The raw material has been delivered in the shape of rolled and forged bars, they are 2.8 - 3.0 m long. From rolled bars the mandrels Φ 60 - Φ 125 mm in diameter have been produced, and from forged bars the mandrels Φ 130 - Φ 160 mm. The bars have been delivered in the annealed state in up to 300 HB. This low hardness of the bars is necessary to allow their machining and peeling. Some bars have been macroetched, to test their structural fineness, but this method has not been eliminated all defective bars. Therefore, any mandrel's porter has been additionally tested ultrasonically.

The whole bar is heated in a gas furnace to the temperature of 1100 °C and forged in a shaped die to demanded dimensions.

The proposed technological changes contain:

- choice only one grade of steel - 50NHMF,
- forging in the shaped die to the temperature of 900 °C,
- induction hardening of the whole surface of the mandrel, without its porter.

The basic parameter describing quality of a pilger mandrel is the wear coefficient, measured in kg per 1 t of rolled tubes. In 1989 this coefficient was equal 5.9 kg/t of tubes. This value should be estimated as high, strong increasing the costs in production of mandrels. In Chapter 3 some reasons of mandrels wear (like fractures and decrease of dimensions either in the working part or in the porter) have been discussed.

The experimental stand for hardening of pilger mandrels has been discussed in Chapter 4. The extension roller table is shown in Fig. 2. It consists of: 10 columns (1), a variable gear (BWP2A 3728) with the electrical engine (SZJKe34b - 3x380 V, 4 kW, 1430 r.p.m.), a drive shaft (2), bevel and worm gears and powered rolls ϕ 220 mm in diameter. During the hardening tests a speed of travel of the hardened mandrel (3) was equal 1.3 - 2.5 mm/s. In the central part of the roller table a heating and hardening system (4) was assembled. The whole device is shown in Fig. 4. For induction heating of mandrels were used some cylindrical inductors ϕ 113 - ϕ 140 mm in diameter. They were made of cooper pipes as 5-turn coils and were cooling by water. Inductors were supplied by a rotating generator (200 kW, 500 V, 2000 Hz). During the hardening tests another generators were used as well [1,2].