

## WŁAŚCIWOŚCI STREFY PRZEJŚCIOWEJ W WALCACH BIMETALOWYCH

F. BINCZYK<sup>1</sup>, P. NOWAK<sup>2</sup>, A. SMOLIŃSKI<sup>3</sup>, J. SITKO<sup>4</sup>  
Politechnika Śląska, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,  
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Polska.

### STRESZCZENIE

Przedmiotem tych badań był warstwowy walec żeliwny typu „poler”, którego zewnętrzna warstwa wykonana jest z żeliwa stopowego, natomiast rdzeń i czopy z żeliwa szarego. Stwierdzono, że w warstwie żeliwa stopowego podczas krzepnięcia dochodzi do mikrosegregacji składników stopowych, co prowadzi do obniżenia temperatury  $T_L$  i  $T_S$ . W obszarach tych zachodzi proces częściowego stapiania przez żeliwo szare, zakrzepłej wcześniej warstwy zewnętrznej żeliwa stopowego. W ten sposób kształtuje się strefa przejściowa. Wyprowadzono zależność na wskaźnik  $w_H$  określający gradient twardości w warstwie przejściowej.

*Key words: cast iron, diffusion, chemical constitution, interlayer, hardness.*

### 1. WPROWADZENIE

Walce hutnicze są elementami pracującymi w warunkach wyjątkowo trudnych.. Część robocza (beczka) walca powinna cechować się znaczną odpornością na zmęczenie cieplne i zużycie ścierne w warunkach zmiennych obciążeń i podwyższonej temperatury [1]. Tworzywo części środkowej oraz czopów winno cechować się dużą udurowieniem, dobrymi właściwościami ślizgowymi oraz dobrą skrwalnością. W walcach monolitycznych trudno jest spełnić równocześnie stawiane im wymagania. Możliwość taka istnieje w walcach warstwowych (bimetalowych) [2]. Powierzchnia robocza walca typu „poler” wykonana jest z żeliwa stopowego, a czopy i rdzeń z żeliwa szarego.

---

<sup>1</sup> Prof. dr hab. inż.- franciszek.binczyk@polsl.pl,  
<sup>2,3,4</sup> dr. inż.

Grubość powierzchniowej warstwy z żeliwa stopowego powinna wynosić od 60 do 80mm, a jej twardość 55 do 60HRC, Czopy i rdzeń walca wykonane z żeliwa szarego perlitycznego, powinny wykazywać twardość od 240 do 280HB. Ważnym elementem technologii odlewów warstwowych jest utworzenie strefy przejściowej, zapewniającej trwałe połączenie tworzyw, stanowiących jedną całość. Strefa przejściowa zapewnia ponadto uzyskanie struktury gradientowej, która łagodzi naprężenia, w wyniku systematycznego obniżania się twardości od powierzchni w głąb odlewu. Szerokość tej strefy w przypadku walców typu „poler” powinna wynosić od 25 do 35mm, przy twardości 25 do 35HRC [3].

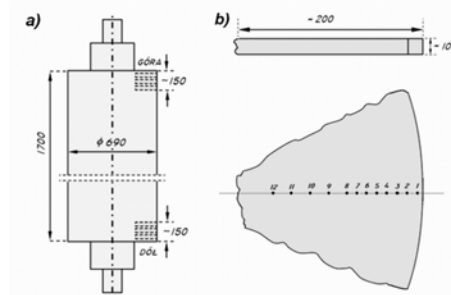
## 2. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Skład chemiczny żeliwa wyjściowego na warstwę powierzchniową (płaszcz) oraz rdzeń i czopy walca przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Skład chemiczny żeliwa stopowego i żeliwa szarego  
Table 1. The chemical composition of the alloy cast iron and the gray cast iron

Żeliwo	Zawartość pierwiastków, % mas.								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
Płaszcz	3,04	0,56	1,67	0,08	0,024	0,25	1,26	0,41	0,16
Czopy	3,47	1,11	1,16	0,08	0,024	1,84	4,46	0,65	0,10

Badany walec ze względu na pęknięcie na wskroś podczas obróbki cieplnej został wybrakowany, dlatego zaistniała możliwość pobrania próbek do badań, nawet do głębokości około 200mm. Badania składu chemicznego oraz rozkładu twardości na przekroju poprzecznym becзки i rdzenia przeprowadzono na próbkach wyciętych z górnego i dolnego obszaru walca (w pozycji odlewania) wg schematu na rys. 1.



Rys. 1. Schemat pobierania próbek do badań (a) i obszary pomiarów składu i twardości(b)  
Fig. 1. Scheme of taking a sample to examinations (a) and both areas of measurements of composition and hardness (b)

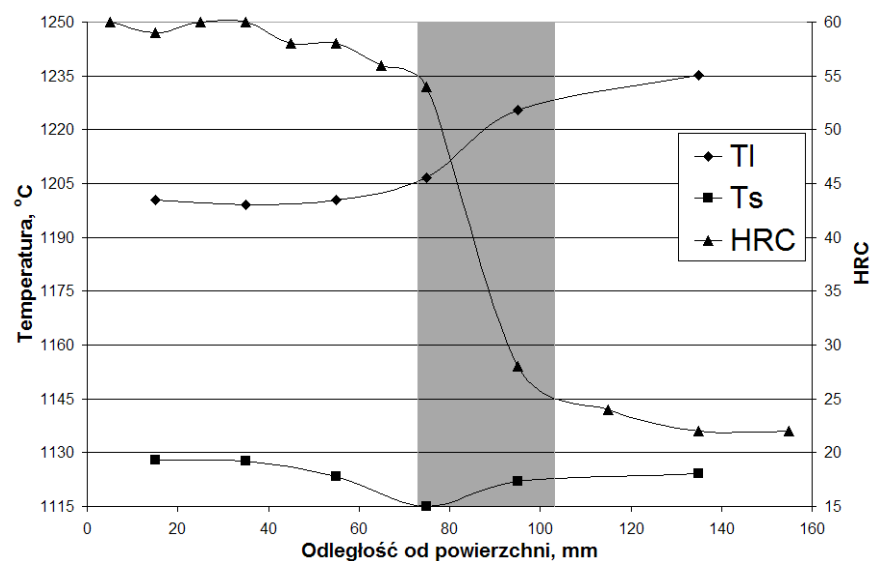
Pomiary twardości przeprowadzono metodą Rockwella na twardościomierzu typu VEB nr 300/182. Analizy składu chemicznego wykonano na spektrometrze emisyjnym typu SPECTROLAB LAV-L7/93007, firmy Analytical Instruments w Hucie Buczek Sp. z o.o. Badania metalograficzne przeprowadzono dla próbek pobranych z obszarów o wyraźnie zróżnicowanej twardości. Wartości temperatury  $T_L$  i  $T_S$  w wybranych obszarach warstwy zewnętrznej obliczono z zależności empirycznych [4]:

$$T_L = 1576,23 - 92,49 \cdot C - 20,52 \cdot Si - 7,5 \cdot Ni, \quad ^\circ C$$

$$T_S = 1213,7 - 26,31 \cdot C - 37,06 \cdot Mn + 19,23 \cdot Cr - 3,57 \cdot Ni + 41,36 \cdot Mo, \quad ^\circ C$$

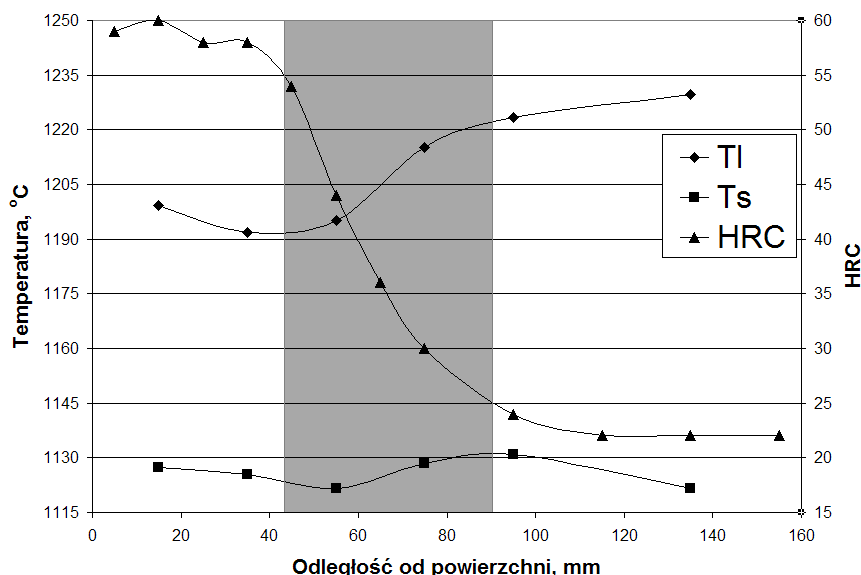
### 3. WYNIKI BADAŃ

Przykładowe wyniki pomiarów rozkładu twardości oraz wyniki obliczeń temperatury  $T_L$  i  $T_S$ , dla próbek pobranych z górnego i dolnego obszaru walca przedstawiono na rys. 2 i 3.



Rys. 2. Rozkład temperatury  $T_L$  i  $T_S$  oraz twardości na przekroju poprzecznym warstwy powierzchniowej w górnym obszarze walca, na poziomie 2 (100mm od góry)

Fig. 2. The temperature  $T_L$  and  $T_S$  decomposition and hardness penetration on a cross section of surface layer in the upper area of the sleeved roll, on level 2 (100mm from above)



Rys. 3. Rozkład temperatury  $T_L$  i  $T_S$  oraz twardości na przekroju poprzecznym warstwy powierzchniowej w dolnym obszarze walca, na poziomie 2 (100mm od dołu)

Fig. 3. The temperature  $T_L$  and  $T_S$  decomposition and hardness penetration on a cross section of surface layer in the upper area of the sleeved roll, on level 2 (100mm from the bottom)

#### 4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Jak wynika z rysunków warstwa żeliwa stopowego nie jest równomierna. Dla badanego walca w górnym obszarze grubość ta jest większa. Jak wynika z innych badań [6] taka sytuacja występuje w około 75% tych typów walców bimetalowych. Twardość powierzchniowej warstwy z żeliwa stopowego powinna wynosić od 55 do 62HRC, natomiast twardość rdzenia powinna mieścić się w zakresie od 22 do 25HRC. Obszar warstwy powierzchniowej o twardości od 25 do 55HRC stanowi więc strefę przejściową. Prawdopodobny mechanizm kształtowania tej strefy jest następujący.

Dyfuzja składników na froncie krzepnięcia żeliwa stopowego prowadzi do mikrosegregacji, zwłaszcza węgla. Z kolei podwyższenie zawartości węgla, przy znacznej w tym obszarze zawartości krzemu i niklu prowadzi do obniżenia temperatury krzepnięcia  $T_L$  i  $T_S$ . Obniżenie to jest widoczne na rys. 2 i 3, bezpośrednio przed strefą przejściową, bądź w obszarze obejmującym zarówno warstwę wierzchnią żeliwa stopowego oraz strefę przejściową. Można więc wnioskować, że w tych obszarach łatwo będzie dochodzić do nadtapiania przez żeliwo szare, zakrzepłej wcześniej warstwy zewnętrznej żeliwa stopowego. Tak więc im wyższa będzie temperatura w tym obszarze podczas przelewania, tym intensywniej dochodzić będzie do nadtapiania

warstwy zewnętrznej. To z kolei wpływa na powiększenie się strefy przejściowej, która jest efektem wymieszania dwóch rodzajów żeliwa.

Na podstawie wyników pomiarów twardości można stwierdzić, że sumaryczna grubość warstwy żeliwa stopowego i strefy przejściowej jest w przybliżeniu jednakowa na całej wysokości walca (w pozycji odlewania) i wynosi od 90 do 100mm. Można przyjąć, że jest to pierwotna grubość warstwy żeliwa stopowego zakrzepłego w metalowej formie. Na podstawie wyników pomiarów twardości na przekroju warstwy powierzchniowej walca oraz pomiarów szerokości tej warstwy i szerokości strefy przejściowej opracowano zależność na wskaźnik gradientu twardości  $w_H$  na przekroju strefy przejściowej:

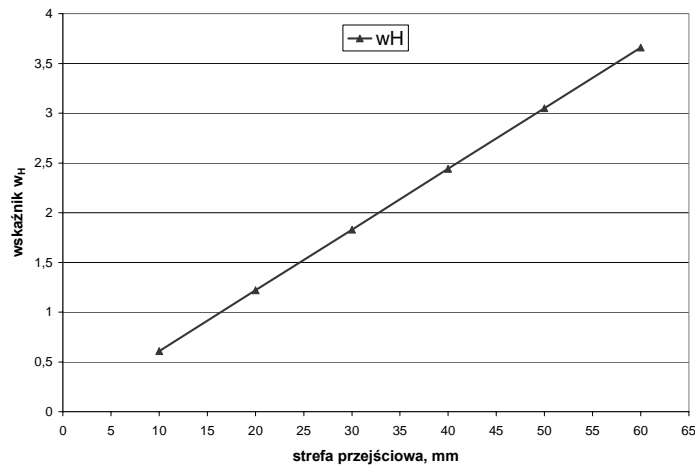
$$w_H = \frac{H_{st} - H_{sz}}{H_{st}} \cdot \frac{s_p}{s_c}$$

gdzie:  $H_{st}$  – średnia twardość powierzchni walca (żeliwo stopowe), równa około 59HRC,  
 $H_{sz}$  – średnia twardość na granicy warstwy stopowa - żeliwo szare, równa około 25HRC,  
 $s_p$  – szerokość strefy przejściowej, mm  
 $s_c$  – średnia szerokość (głębokość) warstwy stopowej, równa około 95mm.

Po obliczeniu uzyskano, że:

$$w_H = 0,061 \cdot s_p$$

Zależność wartości wskaźnika  $w_H$  w funkcji szerokości strefy przejściowej  $s_p$  przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Zależność wskaźnika  $w_H$  od szerokości strefy przejściowej  
 Fig. 4. Dependence of the  $w_H$  sign on the breadth of the interlayer

Szerokość strefy przejściowej powinna wynosić od 25 do 30mm. Poniżej 25mm, gradient obniżenia twardości jest za wysoki, co może wywoływać znaczny gradient naprężeń podczas pracy walca. Szerokość strefy powyżej 30mm jest nieuzasadniona przede wszystkim z powodów technologicznych. Grubość warstwy stopowej o maksymalnej twardości nie może być niższa od 35mm, bowiem około 30mm tej warstwy jest dopuszczana do usunięcia podczas regeneracji walców [3]. Tak, więc dla takiego zakresu szerokości strefy przejściowej wartość wskaźnika  $w_H$  powinna wynosić od 1,53 do 1,83.

## 5. WNIOSKI

1. Kształtowanie geometrii strefy przejściowej jest wynikiem dyfuzji składników, prowadzącej do mikrosegregacji, co w istotny sposób wpływa na zmianę temperatury topnienia obszarów na granicy.
2. Dobre jakościowo połączenie w odlewach warstwowych jest zatem wynikiem procesu nadtapiania obszarów o obniżonej temperaturze topnienia, a tym samym obecności frontu krystalizacji w obszarze, w którym kształtuje się strefa przejściowa.
3. Rozkład twardości na przekroju poprzecznym walca wskazuje na faktycznie mniejszą grubość warstwy zewnętrznej w porównaniu do grubości mierzonej i oceny wizualnej. Różnica odpowiada szerokości strefy przejściowej.

## LITERATURA

- [1] Raczyński B., Wachelko T.: Walce żeliwne, Wyd. Śląsk, Katowice 1976.
- [2] Olszyński J., Uhl W., Stefański K.: Wybrane badania walców redukcyjnych wykonanych jako odlewy warstwowe, Krzepnięcie Metali i Stopów, nr 43, PAN Katowice 2000, s.393-398.
- [3] Katalog. Walce hutnicze odlewane. Folder reklamowy, Huta Buczek Sp. z o.o Sosnowiec 2002r.
- [4] Sitko J.: Czynniki technologiczne kształtujące profil i właściwości warstwy zewnętrznej bimetalowych żeliwnych walców hutniczych, Praca doktorska, Politechnika Śląska, Katowice 2002.

## THE PROPERTIES OF THE INTERLAYER IN SLEEVED ROLL

### SUMMARY

In this work the results of hardness and chemical composition of the superficial layer in sleeved roll has been presented. Lowering the temperature of  $T_L$  setting and  $T_S$  were stated in areas of surface layer about the content made higher of coal. In of the ones a lawsuit of partial melting surface layer by the liquid grey cast iron is happening. They are coming into existence into this way interlayer. A relation was led out to the  $w_H$  sign determining the gradient of the hardness in interlayer.

Recenzował: Prof. Adam Gierek