

ZASTOSOWANIE METODY ATD DO JAKOŚCIOWEJ OCENY STALIWA CHROMOWEGO PRZEZNACZONEGO NA WYKŁADZINY MŁYNÓW CEMENTOWYCH

J. KILARSKI¹, A. STUDNICKI², S. JURA³

Katedra Odlewnictwa

Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej

STRESZCZENIE

W artykule omówiono wpływ węgla, chromu i innych pierwiastków na przebieg krzepnięcia i krystalizacji staliwa średnio chromowego oraz przedstawiono możliwość wykorzystania metody ATD do szybkiej oceny podstawowych pierwiastków wchodzących w skład tego staliwa.

1. WSTĘP

Przedstawicielem staliw średnio chromowych przeznaczonych na odlewy charakteryzujące się dobrą odpornością na zużycie ściernie ze szczególnym uwzględnieniem wykładzin młynów cementowych są stopy zawierające 6 i 12 %Cr. Ich skład chemiczny i budowa strukturalna została oparta na stalach narzędziowych przerabianych plastycznie pracujących na zimno. Budowa strukturalna wobec tego składa się z osnowy zależnej od obróbki cieplnej i pewnej ilości fazy węglkowej, zależnej głównie od ilości węgla. W warunkach przemysłowych odlewy wykonane z tych stopów poddaje się hartowaniu w powietrzu i odpuszczaniu. W wyniku hartowania pojawia się w strukturze austenit szczątkowy. Austenit ten jest z reguły niestabilny co oznacza, że może się przekształcać samorzutnie w martenzyt. Przekształcenie takie powoduje zwiększenie objętości w następstwie czego pojawiają się naprężenia i w efekcie pękanie odlewów. Pękanie odlewów może wynikać ponadto z pojawienia się w strukturze eutektyki węglkowej. Ma to miejsce wówczas kiedy wzrasta zawartość

¹ Dr inż. e-mail: sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl

² Dr inż. e-mail: ajstud@zeus.polsl.gliwice.pl

³ Prof. dr hab. inż. e-mail: sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl

węgla lub pierwiastka węglcotwórczego w tym przypadku chromu. Stąd nie ustają badania nad takim pogodzeniem składu chemicznego i obróbki cieplnej, aby zachować możliwie najwyższą twardość przy jednocześnie dobrej plastyczności.

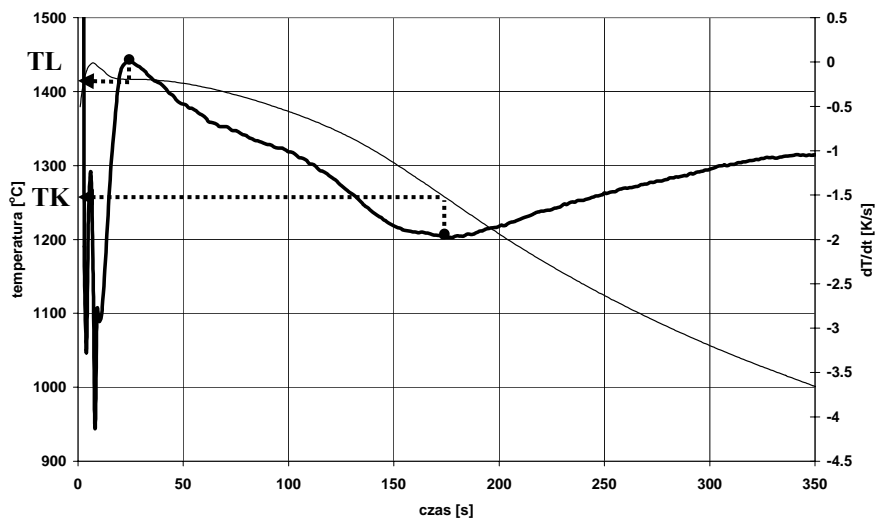
Pomocną i szybką metodą określającą pojawianie się w stopach eutektyki jest metoda ATD. Zastosowana do żeliwa szarego określa stopień eutektyczności, a także jego własności wytrzymałościowe, twardość itp.

Stąd wydaje się celowe podjęcie badań określających przydatność tej metody dla innych stopów w tym dla badanych staliw.

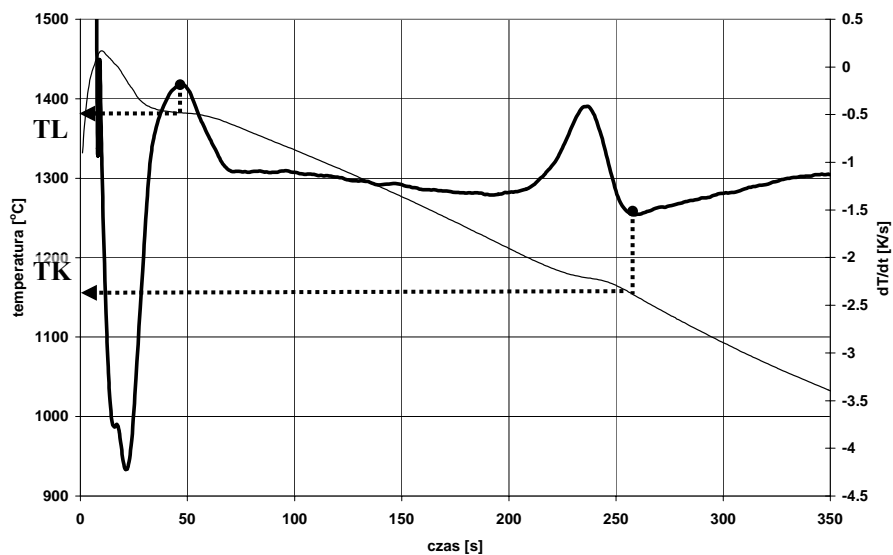
2. BADANIA WŁASNE

W ramach badań przeprowadzono wytopy staliwa chromowego z dodatkami manganu, niklu i molibdenu. Prowadzono je w piecu elektrycznym indukcyjnym o pojemności 20kg. Ciekłe staliwo przegrzewano do ok.1600°C, przelewano do dobrze wygrzanej kadzi i zalewano formy oraz wlewano do próbnika pomiarowego w którym umieszczano termoparę Pt-PtRh i rejestrowano przebieg krzepnięcia i krystalizacji za pomocą aparatury Crystaldigraph PC-2T. Składy chemiczne badanych staliw zamieszczono w tabeli 1, a przykłady wykresów przebiegu krzepnięcia i krystalizacji dla różnych zawartości węgla przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Na podstawie wykresów wyznaczano charakterystyczne punkty dla których określano temperatury, odpowiadające im czasy i wartości pierwszej pochodnej. Wartości te wraz ze składami chemicznymi zebrano w postaci macierzy danych i poddano analizie statystycznej. Wyniki analizy matematycznej w postaci wzorów wyrażających badane zależności przedstawiono w dalszej części pracy.



Rys.1. Wykres ATD staliwa chromowego- wytop 1
Fig.1. ATD diagram of chromium cast iron - melt 1



Rys.2. Wykres ATD staliwa chromowego- wytop 2
 Fig.2. ATD diagram of chromium cast iron - melt 2

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W ramach badań przeprowadzono 12 wytopów staliwa z czego jedna połowa zawierała ok.6%Cr, natomiast druga ok.10%Cr. W poszczególnych wytopach zmieniano: węgiel w zakresie 0,7-1,6% i molibden 0,03-1,2%. Ponadto do niektórych wytopów wprowadzono nikiel w ilości do 2,68% i mangan do 3,2%. Skład chemiczny badanych staliw zamieszczono w tabeli 1.

Analizując składy chemiczne, a głównie zawartość węgla i chromu można się spodziewać dwóch grup stopów.

Wytopy 1 i 11 (tabela 1) o zawartości węgla ok.0,7% są przedstawicielami typowych staliw a pozostałe w strukturze których pojawia się eutektyka można już nazwać żeliwami.

Potwierdzeniem odmienności tych stopów są zarejestrowane wykresy krzepnięcia i krystalizacji z których do zaprezentowania wybrano dwa najbardziej charakterystyczne: staliwo nadeutektoidalne (rys.1) i staliwo z eutektyką węglkową (rys.2).

Tabela 1 Skład chemiczny badanych staliw

Table 1 Chemical composition of cast iron

Nr wytopu	Zawartość pierwiastków w % wag.					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
1	0,71	0,73	0,72	5,68	0,08	0,03
2	1,61	0,84	0,61	6,43	0,06	0,08
3	1,54	0,84	2,06	6,11	1,36	0,34
4	1,30	0,68	0,68	5,85	0,04	0,07
5	1,36	0,69	1,99	5,89	2,68	0,04
6	1,26	0,59	0,60	6,12	0,05	1,26
7	1,37	0,73	3,20	5,88	0,96	1,25
8	0,70	0,47	0,04	9,51	0,21	1,18
9	1,15	0,51	0,08	9,53	0,20	1,06
10	1,15	0,56	0,05	9,36	2,08	1,07
11	1,60	0,58	0,08	9,50	0,19	1,12
12	1,60	0,49	0,11	9,34	2,21	1,11

4. STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analiza statystyczna wyników badań dotyczyła powiązania składu chemicznego staliwa z parametrami ATD w konsekwencji otrzymano wzory mogące stanowić podstawę utworzenia odpowiedniego algorytmu wykorzystywanego w metodzie ATD do szybkiej oceny składu chemicznego staliw średnio chromowych. Dla każdego analizowanego parametru lub pierwiastka przyjęto liniowy model równania regresji. Uzyskano następujące równania:

I. Wpływ składu chemicznego na charakterystyczne temperatury krzepnięcia

- wpływ składu chemicznego na temperaturę likwidus

$$TL = 1417 - 63,8 \cdot C + 9,0 \cdot Cr - 5,57 \cdot Ni$$

o parametrach statystycznych:

- wartość średnia $TL_{\text{sr}} = 1399 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- odchylenie standardowe $dTL = 13,7 \text{ } ^\circ\text{C}$
- współczynnik korelacji $R = 0,91$
- test wiarygodności $W = 4,65$

- wpływ składu chemicznego na temperaturę końca krystalizacji

$$TK = 1362 - 121 \cdot C - 17 \cdot Mn$$

o parametrach statystycznych:

$$TK_{\text{sr}} = 1194 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad dTK = 33 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad R = 0,85; \quad W = 3,0$$

II. Zależność zawartości poszczególnych pierwiastków stopowych od parametrów ATD

(temperatury, czasu krzepnięcia i szybkości stygnięcia)

1. zależność pomiędzy zawartością węgla, a parametrami ATD:

$$C = 16,1 - 0,011 \cdot TA + 0,013 \cdot SB + 0,25 \cdot KE - 0,26 \cdot KH$$

o parametrach statystycznych:

- wartość średnia $C_{\text{sr}} = 1,23\%$,
- odchylenie standardowe $dC = 0,09\%$,
- współczynnik korelacji $R = 0,97$,
- test wiarygodności $W = 11,52$

2. zależność pomiędzy zawartością chromu, a parametrami ATD:

$$Cr = 111,4 - 0,083 \cdot TB + 0,11 \cdot SB + 8,46 \cdot KB - 8,22 \cdot KC + 2,1 \cdot KE$$

o parametrach statystycznych:

$$Cr_{\text{sr}} = 7,28\%; \quad dCr = 0,75\%; \quad R = 0,94; \quad W = 5,33$$

3. zależność pomiędzy zawartością manganu, a parametrami ATD:

$$Mn = 22,3 - 0,062 \cdot TC + 0,095 \cdot TE - 0,057 \cdot TH + 2,5 \cdot KA$$

o parametrach statystycznych:

$$Mn_{\text{sr}} = 1,00\%; \quad dMn = 0,35\%; \quad R = 0,95; \quad W = 5,7$$

4. zależność pomiędzy zawartością niklu, a parametrami ATD:

$$Ni = 104 - 0,073 \cdot TH + 0,13 \cdot SA - 0,066 \cdot SE + 8,7 \cdot KB$$

o parametrach statystycznych:

$$Ni_{\text{sr}} = 0,90\%; \quad dNi = 0,25\%; \quad R = 0,92; \quad W = 4,6$$

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski i spostrzeżenia:

1. zastosowanie metody ATD umożliwia szybkie określenie temperatury likwidus, solidus staliw średnio chromowych,
2. wysokie współczynniki korelacji upoważniają do stwierdzenia, że za pomocą ATD można określić zawartość węgla i chromu z dokładnością do 0,2%,
3. zawartość innych pierwiastków takich jak: Ni, Mn obarczone są większym błędem,
4. na podstawie otrzymanych zależności można utworzyć odpowiedni algorytm , który wprowadzony do programu komputerowego pozwala na szybką (w ciągu 5 minut) ocenę jakościową badanych staliw za pomocą aparatury Crystaldigraph-PC-2T.

LITERATURA

- [1] Sakwa W., Jura S., Sakwa J. : *Odporne na ścieranie stopy żelaza*. Część I i II. Wyd. ZG STOP, Kraków 1980.
- [2] Grzelak E.: *Maszyny i urządzenia do przeróbki mechanicznej surowców mineralnych*
- [3] Jura S., Kilariski J., Jura Z.: *ATD żeliwa wysokochromowego i jego funkcje krystalizacji faz*. Krzepnięcie Metali i Stopów. PAN- Katowice, nr 19, 1994.

ATD METHOD APPLICATION FOR QUALITY ASSESSMENT OF CHROMIUM CAST IRON AS MATERIAL FOR CEMENT MILLS PLATES

SUMMARY

The paper presents the influence of carbon, chromium and other elements on solidification and crystallization process of mid chromium cast iron as well as ATD method application for quality assessment of a/m cast iron base elements.

Reviewed by prof. Stanisław Pietrowski