

PROGNOZOWANIE WŁASNOŚCI WALCÓW ŻELIWNYCH NA PODSTAWIE SZYBKOŚCI KRZEPNIĘCIA

J. SUCHOŃ¹, S. JURA²

Katedra Odlewnictwa, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

Prezentowana praca stanowi kontynuację badań nad czynnikami wpływającymi na strukturę i własności walców żeliwnych. W artykule przedstawiono badania mające na celu wyznaczenie jak czas krzepnięcia odlewu wpływa na udział objętościowy grafitu i cementytu na przekroju walca żeliwnego oraz na jego twardość.

Key words: solidification time, cast iron rolls, hardness,

1. WPROWADZENIE

Powszechnie wiadomo, że własności mechaniczne (w tym twardość) zależne są od składu chemicznego i warunków krystalizacji a w konsekwencji od struktury odlewu. W przypadku grubościennych odlewów żeliwnych obserwuje się właśnie istotne zmiany struktury na przekroju, wynikające ze zmiennych warunków krzepnięcia metalu. Celem niniejszej pracy jest próba określenia funkcyjnego opisu rozkładu składników struktury (grafitu i cementytu) oraz twardości na przekroju odlewu walca w funkcji czasu krzepnięcia.

¹ dr inż., jsuchon@zeus.polsl.gliwice.pl

² prof. dr hab. inż., sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl

2. PRZEPROWADZONE BADANIA

Badania prowadzona na walcach o średnicy 325 mm wykonanych z żeliwa o następującym składzie chemicznym: 3,22 ÷ 3,5 C, 0,58 ÷ Mn, 1,2 ÷ 1,29 Si, 0,02 ÷ 0,11 P, 0,020 ÷ 0,042 S, 1,22 ÷ 1,33 Cr, 1,21 ÷ 1,44 Ni, 0,22 ÷ 0,5 Mo.

Wykonano 18 wytopów walców. Z każdego walca pobrano próbkę do pomiaru twardości oraz udziału objętościowego grafitu i cementytu. Pomiar realizowano w warstwach co 5 mm licząc od obrobionej powierzchni bezki do odległości 30 mm oraz na powierzchni czopa walca.

Oprócz wyżej wymienionych pomiarów wykonano symulację krzepnięcia walca i wyznaczono czasy krzepnięcia w punktach pomiaru twardości i cech stereologicznych struktury.

Sposób przeprowadzenia symulacji oraz wyniki pomiarów twardości oraz udziału objętościowego grafitu i cementytu przedstawiono w pracy [1, 2].

3. WPŁYW CZASU KRZEPNIĘCIA NA ROZKŁAD ILOŚCI SKŁADNIKÓW STRUKTURY I TWARDOŚĆ ŻELIWA

Na podstawie pomiarów twardości oraz udziału objętościowego grafitu i cementytu oraz otrzymanych z symulacji czasów krzepnięcia sporządzono szereg zależności [2].

Przedstawione poniżej równania obrazują wpływ czasu krzepnięcia na ilość grafitu, cementytu i twardość na przekroju walca.

– ilość grafitu w funkcji czasu krzepnięcia

$$V_{vg} = 6,03 - \frac{9,37}{1 + \exp\left\{1,11 \cdot \left[\left(\frac{t_k}{1000}\right) - 0,54\right]\right\}} \quad (1)$$

o parametrach statystycznych:

$$\delta V_{vg} = 0,063; R = 0,99; F = 3016$$

– ilość cementytu w funkcji czasu krzepnięcia

$$V_{vc} = 12,87 + \frac{32,81}{1 + \exp\left\{1,77 \cdot \left[\left(\frac{t_k}{1000}\right) - 0,646\right]\right\}} \quad (2)$$

o parametrach statystycznych:

$$\delta V_{vc} = 0,377; R = 0,99; F = 4515$$

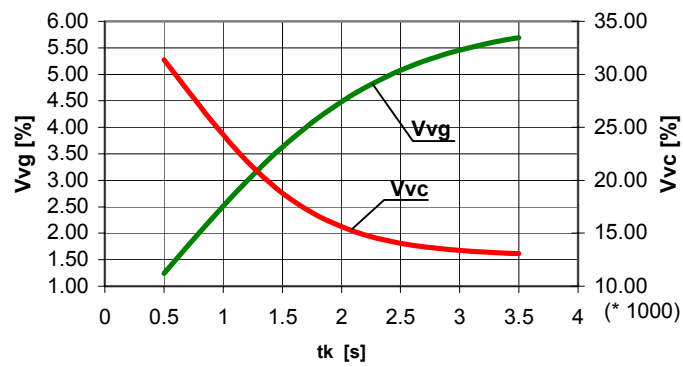
– twardość w funkcji czasu krzepnięcia

$$HB = 255 + \frac{227}{1 + \exp\left\{1,27 \cdot \left[\left(\frac{t_k}{1000}\right) - 0,895\right]\right\}} \quad (3)$$

o parametrach statystycznych:

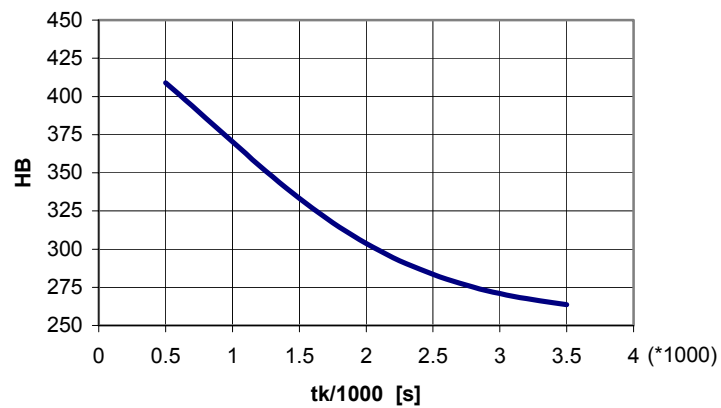
$\delta HB = 4,81$; $R = 0,993$, $F = 6743$

Otrzymane zależności przedstawiono na wykresach rys. 1 do 2.



Rys. 1 Rozkład ilości grafitu i cementytu w funkcji czasu krzepnięcia

Fig. 1 Distribution quantity of graphite and cementite in function of solidification time



Rys. 2 Rozkład twardości w funkcji czasu krzepnięcia.

Fig. 2 Distribution of hardness in function of solidification time

Do wyznaczenia twardości i udziałów objętościowych grafitu i cementytu można posłużyć czasem krzepnięcia. Z przedstawionych wykresów wynika, że aby uzyskać twardość ok. 400 HB czas krzepnięcia nie może przekroczyć ok. 600 s. Wraz z wydłużeniem się czasu krzepnięcia obserwujemy wyraźny spadek twardości w wyniku zmniejszenia się ilości cementytu a zwiększenia ilości grafitu w strukturze walca.

4. WYZNACZENIE ROZKŁADU SKŁADNIKÓW STRUKTURY I TWARDOŚCI NA PRZEKROJU WALCA $\phi 500$

Przeprowadzone badania dotyczyły walca żeliwnego o średnicy 325 mm. Jednak otrzymane zależności mogą dotyczyć walców wykonanych z tego samego materiału o dowolnej średnicy. W celu przeniesienia uzyskanych wyników na walce o innej średnicy wykonano symulację walca o średnicy 500 mm. Otrzymany w wyniku symulacji czasy krzepnięcia na przekroju walca podstawione do równań (1), (2) i (3) pozwoliły na wyznaczenie udziału objętościowego grafitu, cementytu oraz twardości w punktach pomiarowych na przekroju walca. Otrzymane czasy krzepnięcia oraz odziały objętościowe i twardości zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rozkład ilości grafitu, cementytu i twardości w funkcji czasu krzepnięcia na przekroju walca $\phi 500$ mm
Table 1. Distribution quantity of graphite, cementite and hardness in function of solidification time on section roll $\phi 500$ mm

Odległość od powierzchni walca [mm]	Czas krzepnięcia [s]	Vvg(tk)	Vvc(tk)	HB(tk)
0	578	1,44	30,26	403
5	692	1,74	28,61	394
10	838	2,11	26,51	383
15	981	2,47	24,55	372
20	1138	2,85	22,55	360
25	1315	3,24	20,56	346
30	1497	3,62	18,82	333
35	1677	3,96	17,43	322
75	3272	5,60	13,18	267
162,5	5723	6,00	12,87	256

Na podstawie wyników obliczeń dla walca $\phi 500$ zestawionych w tabeli 1 sporządzono równania opisujące rozkłady udziału objętościowego grafitu, cementytu oraz twardości na przekroju walca $\phi 500$ w funkcji odległości od powierzchni bezki.

Otrzymano następujące równania:

- udział objętościowy grafitu wyznaczony na podstawie czasu krzepnięcia

$$V_{V_G} = 5,82 - \frac{4,86}{1 + \exp[0,0756 \cdot (x - 26,57)]} \quad (4)$$

O parametrach statystycznych:

$\delta V_{vg} = 0,10$; $R = 0,998$; $F = 1408$

- udział objętościowy cementytu wyznaczony na podstawie czasu krzepnięcia

$$V_{V_C} = 13,05 + \frac{20,32}{1 + \exp[0,0866 \cdot (x - 18,66)]} \quad (5)$$

O parametrach statystycznych:

$\delta V_{vg} = 0,26$; $R = 0,999$; $F = 8655$

- rozkład twardości wyznaczony na podstawie czasu krzepnięcia

$$HB = 261 + \frac{151}{1 + \exp[0,0832 \cdot (x - 27,89)]} \quad (6)$$

O parametrach statystycznych:

$\delta V_{vg} = 3,07$; $R = 0,998$; $F = 14592$

Wyznaczone zależności posłużyły do sporządzenia wykresów prezentujących rozkład udziału grafitu i cementytu oraz twardości na przekroju walca ϕ 500 (rys. 3 ÷ 4) Dla porównania na wykresach pokazano rozkłady opisujące walec ϕ 325.

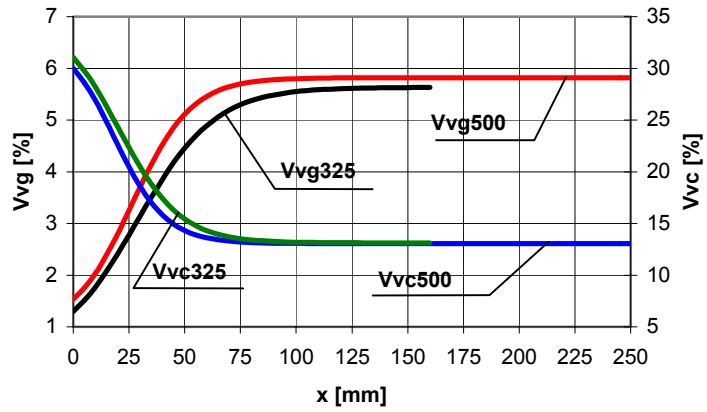
Analiza równań (4 ÷ 6) oraz otrzymanych na ich podstawie wykresów wskazuje na nieznaczne różnice udziałów grafitu i cementytu oraz twardości pomiędzy walcem o średnicy 325 a walcem o średnicy 500 mm.

W przypadku grafity różnica jego udziału na powierzchni roboczej obu walców jest stosunkowo niewielka, sięga kilku dziesiątych procenta.

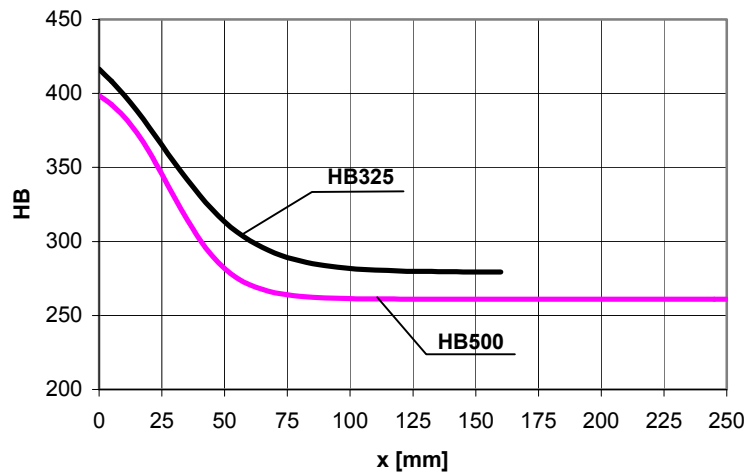
Zgodnie z przewidywaniami otrzymane zależności pokazały, że w walcu o średnicy 500 mm jest mniejszy, niż w walcu ϕ 325 udział cementytu w strukturze. Różnice wynoszą od 1 % do kilku dziesiątych procenta.

Zaproponowane równania potwierdzają, że twardość walca ϕ 325 jest większa niż walca o średnicy 500 mm (od dziesięciu na powierzchni beczki do dwudziestu kilku jednostek HB w rdzeniu walca).

Otrzymane wyniki potwierdzają, że zaproponowane zależności nadają się do prognozowania rozkładu udziału składników struktury i twardości na przekroju walca dowolnej średnicy.



Rys. 3. Rozkład ilości grafitu i cementytu na przekroju walca ϕ 500 wyznaczony na podstawie czasu krzepnięcia oraz walca ϕ 325 wyznaczony na podstawie pomiarów.
 Fig. 3 Distribution quantity of graphite and cementite on section roll ϕ 500 mm determined based at solidification time and roll ϕ 325 determined based on measurement



Rys. 4 Rozkład twardości na przekroju walca ϕ 500 wyznaczony na podstawie szybkości i czasu krzepnięcia oraz walca ϕ 325 wyznaczony na podstawie pomiarów.
 Fig. 4 Distribution of hardness on section roll ϕ 500 mm determined based on solidification time and roll ϕ 325 determined based at measurement

5. PODSUMOWANIE

Określono wpływ czasu krzepnięcia odlewu na udział objętościowy grafitu, cementytu oraz na twardość. Uzyskane zależności 1 ÷ 3 pozwalają na wyznaczenie rozkładu udziału objętościowego grafitu i cementytu oraz twardości na przekroju krzepnącego walca. Związki te mogą być wykorzystane podczas symulacji komputerowej krzepnięcia w celu prognozowania powstającej struktury oraz przewidywania twardości odlewu walca. Otrzymane zależności pozwalają na wyznaczenie rozkładu udziału objętościowego składników struktury i twardości walców dowolnej średnicy wykonanych z żeliwa o tym samym składzie chemicznym.

LITERATURA

- [1] J. Suchoń, S. Jura: *Wpływ szybkości krzepnięcia na udział grafitu i cementytu oraz twardość na przekroju walca żeliwnego*. Archiwum Odlewnictwa Nr 1, (2/2), 2001
- [2] J. Suchoń; *Wpływ szybkości krzepnięcia na własności walców żeliwnych*. Praca doktorska; Politechnika Śląska, Gliwice 2001

FORECAST OF PROPERTIES OF CAST IRON ROLLS BASED AT SOLIDIFICATION TIME

SUMMARY

Presented work is a continuation factors influencing on structure and properties cast iron roll researches. In paper researches which are aim to determine influence solidification time on volume fraction graphite and cementite on cross section of cast iron roll as well as its hardness have been presented.

Recenzował Prof. Józef Gawroński