

Badania wielkości ziarna w staliwie chromowym odpornym na zużycie ściernie

J. Suchoń *, A. Studnicki, J. Szajnar

Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

*Kontakt korespondencyjny. e-mail: jacek.suchon@polsl.pl

Otrzymano 24.07.2014; zaakceptowano do druku 22.08.2014

Streszczenie

Przedstawione wyniki stanowią fragment badań prowadzonych w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej nad polepszeniem właściwości staliw chromowych stosowanych na maszyny robocze pracujące w bardzo ciężkich warunkach. Przykładem takich maszyn są kombajny górnicze. W pracy skupiono się na analizie czynników wpływających na wielkość ziarna staliwnego odlewu tulei. Wielkość ziarna jest obok składu chemicznego głównym czynnikiem decydującym o odporności na zużycie pracującego elementu.

Słowa kluczowe: Staliwo chromowe, Odporność na zużycie, Stereologia, Wielkość ziarna

1. Wprowadzenie

Badania dotyczyły doskonalenia kombajnów górniczych, w kierunku dążenia do podwyższonej odporności na zużycie korozyjno-ściernie [1]. Zagadnienie związane było z poprawą trwałości i niezawodności takich elementów kombajnu jak tuleje i sworznie. Stanowią one niewrażliwe punkty o nadmiernym zużyciu zarówno ściernym jak i korozyjnym. Tuleje i sworznie stanowią połączenie ruchomych ramion z korpusem maszyny (kombajnu). Elementy te nie są smarowane lub smarowanie ich jest niepełne, stąd w wyniku ruchu ramion, a przede wszystkim drgań przenoszonych od głowicy skrawającej następuje niszczenie powierzchni tulei i sworzni. Dodatkowo zapyłona słona kopalniana woda dostawszy się między tuleję i sworznie dokonuje zniszczenia tak, że po okresie około pół roku pojawiają się zbyt duże luzy pomiędzy sworzniem a tuleją wobec czego musi się je wymienić [2]. Zdarza się również, że połączenia typu tuleja-sworznie w wyniku zużycia korozyjnego powierzchni współpracujących trudne są do rozłączenia w warunkach kopalnianych. Przeciwdziałając ww. ograniczeniom opracowano nowe gatunki staliwa chromowego (nie ujęte jeszcze normami),

które łączą właściwości staliw odpornych na ścieranie i korozję [3, 4].

Jednym z czynników decydującym o odporności na zużycie jest wielkość ziarna osnowy, która w przypadku elementów odlewanych zależy od wielu czynników. Dlatego celem była próba określenia jakie czynniki wpływają na rozdrobnienie ziarna osnowy w odlewie z badanych staliw.

2. Przeprowadzone badania

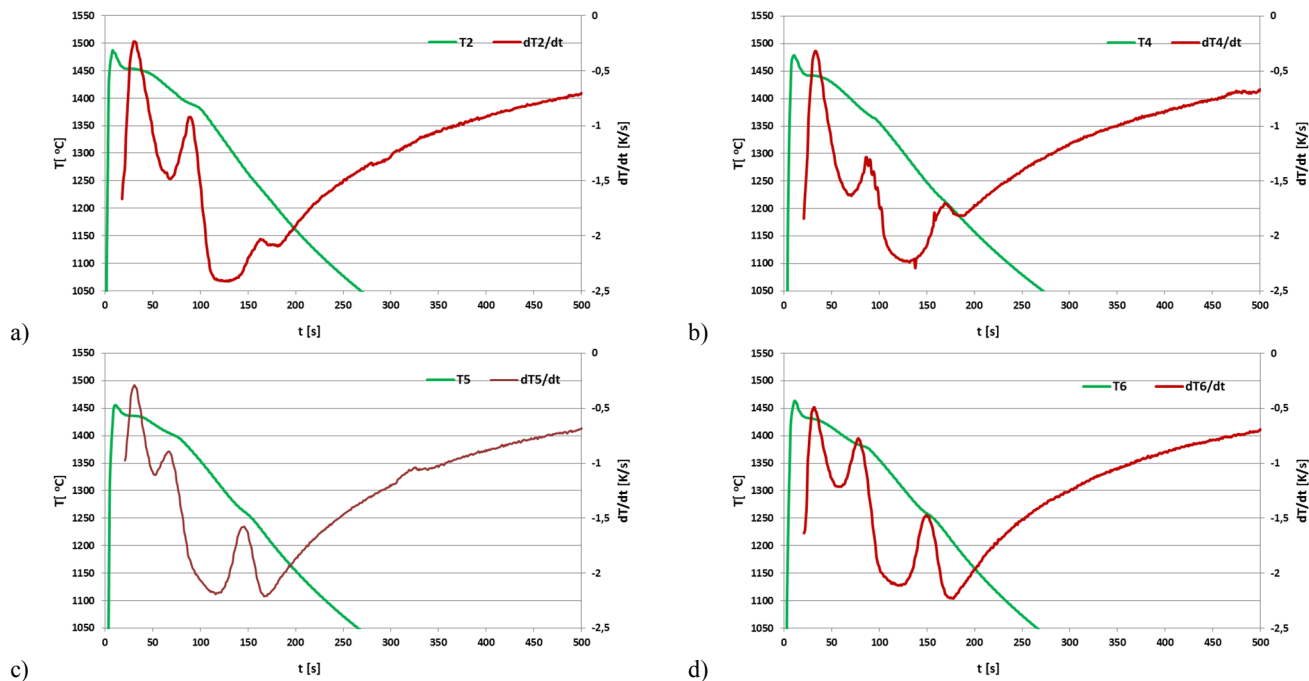
Wytopy wykonano w tyglowym piecu indukcyjnym o wyłożeniu obojętnym i pojemności 20 kg. Materiały wsadowe którymi dysponowano przygotowując namiary były następujące:

- złom staliwa niskostopowego,
- złom stalowy, surówka,
- żelazostopy: FeCr015, FeCr800, FeMo60, FeTi, FeV,
- nikiel technicznie czysty,
- odtleniacze FeSi75, Al, FeTi.

Po uzyskaniu odpowiedniej temperatury (1650°C) przeprowadzano w piecu odtlenianie za pomocą FeSi75 oraz Al. Po odtlenieniu i argonowaniu wprowadzano modyfikatory do

kapieli metalowej którymi była mieszanina rozdrobnionych żelazostopów FeV80+FeTi68 ok. 0.2% Ti i 0.3%V [5-7]. Dla wykonanych wytopów przeprowadzono rejestrację procesu krzepnięcia metodą ATD [8]. Otrzymane wykresy przedstawiono na rysunku 1 a-e.

Dla wytopów wykonano analizę składu chemicznego badanych żeliw chromowych na spektrometrze emisyjnym GDS 500A firmy LECO. Dodatkowo analizę węgla i siarki powtórzono na aparacie do analizy C i S firmy LECO. Otrzymane skład chemiczne zestawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Wykresy ATD zarejestrowane podczas przeprowadzonych wytopów
a) wytop T2, b) wytop T4, c) wytop T5, d) wytop T6

Tabela 1.

Analiza składu chemicznego badanego staliwa chromowego

| Ozn. wytop | Zawartość pierwiastków w % mas. | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------------------|------|------|-------|-------|--------------|------|------|------|------|-------|------|
| | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Al | Ti |
| T2 | 0,48 | 0,45 | 0,77 | 0,014 | 0,013 | 16,80 | 0,56 | 1,23 | 0,22 | 0,18 | 0,016 | 0,22 |
| T4 | 0,49 | 0,43 | 0,79 | 0,007 | 0,014 | 16,47 | 2,43 | 1,22 | 0,26 | 0,19 | 0,011 | 0,26 |
| T5 | 0,57 | 0,55 | 0,49 | 0,015 | 0,009 | 18,50 | 1,70 | 0,80 | 0,04 | 0,18 | 0,004 | 0 |
| T6 | 0,56 | 0,51 | 0,58 | 0,015 | 0,011 | 18,30 | 1,69 | 0,80 | 0,32 | 0,18 | 0,006 | 0,12 |

Badania ilościowe ziaren osnowy wykonano na zglądach trawionych. Próbkę do wykonania zglądów pobierano z odlewów pomiarowych uzyskanych w próbniku ATD-C. Badania ilościowe wykonywano przy powiększeniach 100x na dziesięciu polach (zdjęciach) dla każdego zglądu. Analizę ilościową struktury przeprowadzono na podstawie zdjęć wykonanych w pobliżu osi próbki za pomocą programu NIS ELEMENTS BR 3.10.

Na podstawie otrzymanych wyników wykonano analizę statystyczną oraz sporządzono histogramy ilości ziaren w klasach ich wielkości, a ponadto przeprowadzono ich aproksymację za pomocą specjalnej funkcji, która opisuje rozkład za pomocą trzech parametrów UWZ. Funkcja rozkładu udziału ilościowego N_a [1/mm²] obiektów w ich wielkości ma postać (wzór 1) [9]:

$$N_a(P) = \frac{U \cdot Z \cdot \exp[Z \cdot (W - \ln(P))]}{[1 + \exp(Z \cdot (W - \ln(P)))]^2} \quad (1)$$

gdzie:

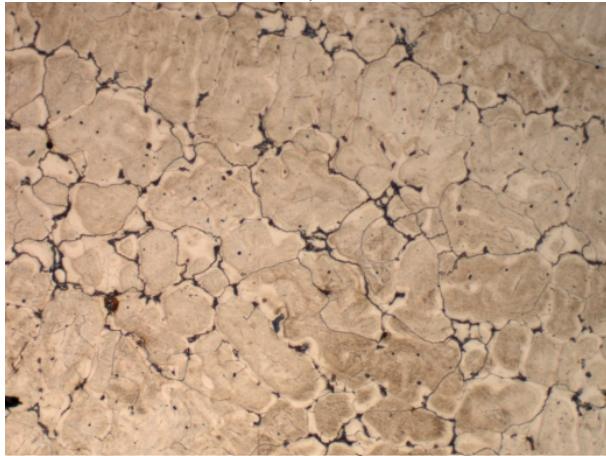
P – pole powierzchni ziarna [μm^2];

U – wskaźnik sumarycznego udziału ilościowego obiektów [1/mm²];

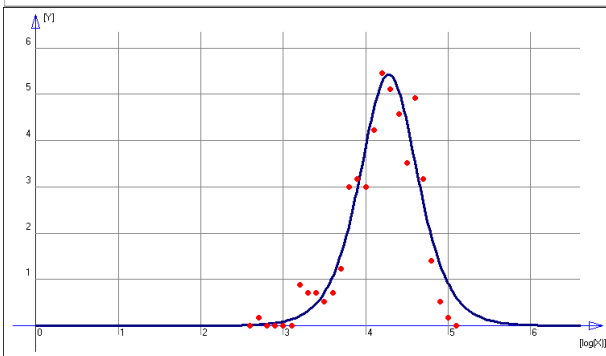
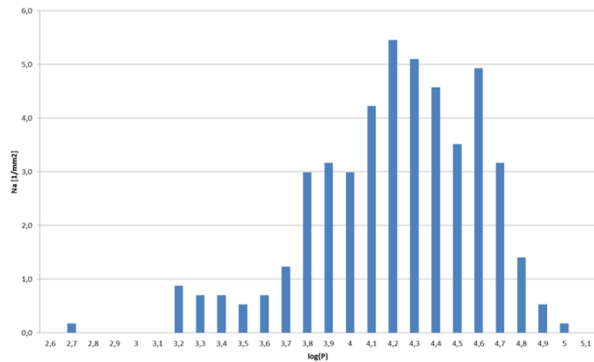
W – średnia logarytmiczna wielkości powierzchni obiektów [μm^2];

Z – wskaźnik zróżnicowania wielkości powierzchni obiektów [1/ μm^2].

a)

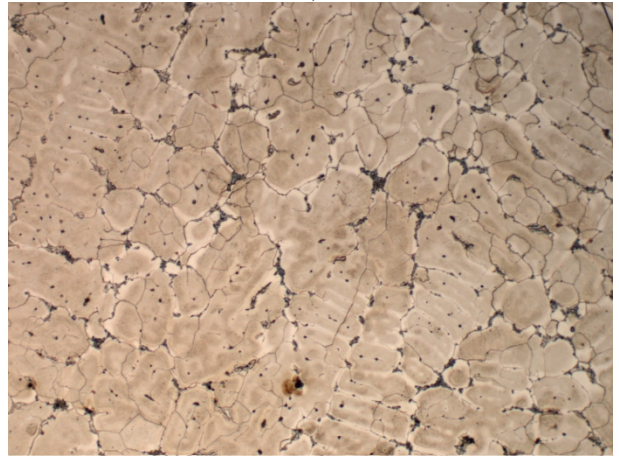


T2

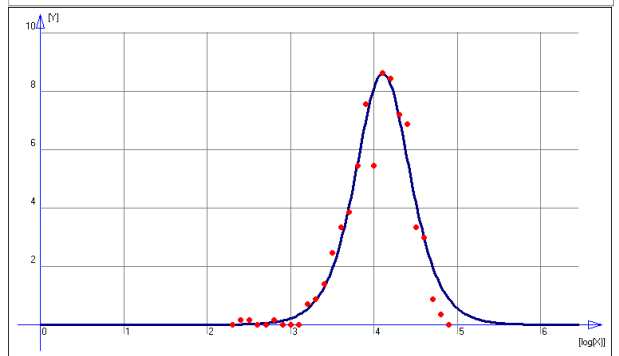
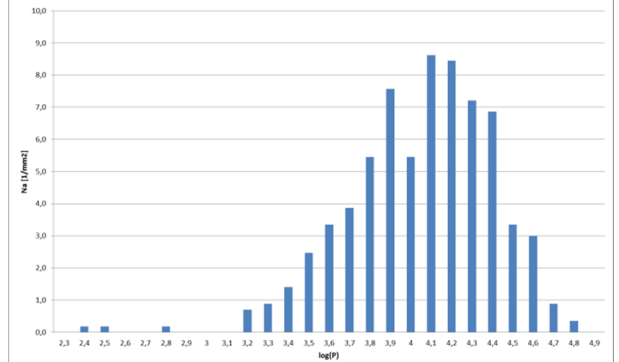


U = 5,0739; W = 4,2814; Z = 4,2800
 Odchylenie std. = 0,561; Korelacja = 0,9572;
 Test Fishera = 23,3

b)



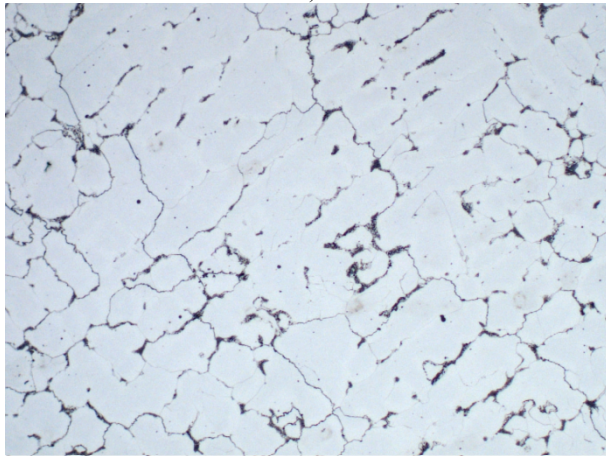
T4



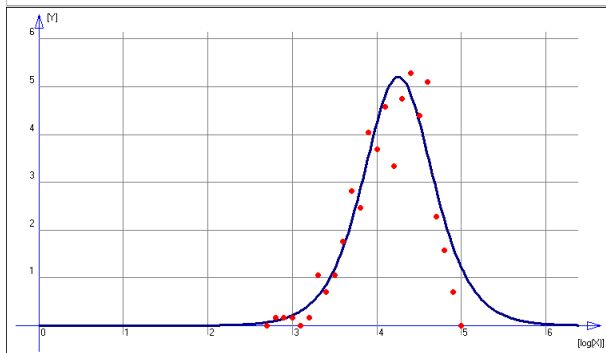
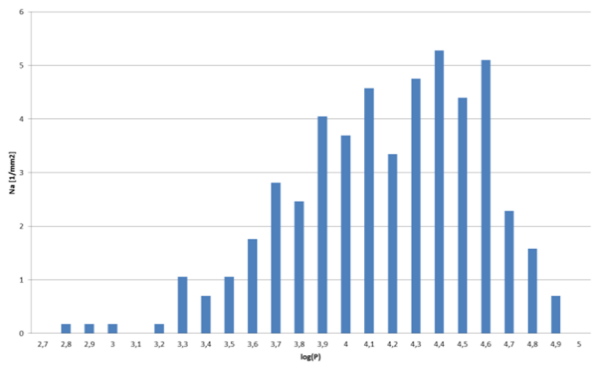
U = 9,6428; W = 3,9475; Z = 3,3500
 Odchylenie std. = 0,946; Korelacja = 0,9440;
 Test Fishera = 19,3

Rys. 2. Rozkłady wielkości ziarna oraz ich funkcyjny opis wraz z parametrami funkcji.
 a) wytop T2, b) wytop T4

a)

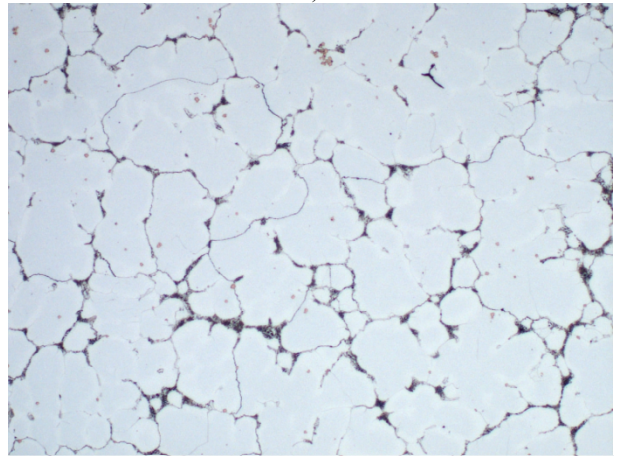


T5

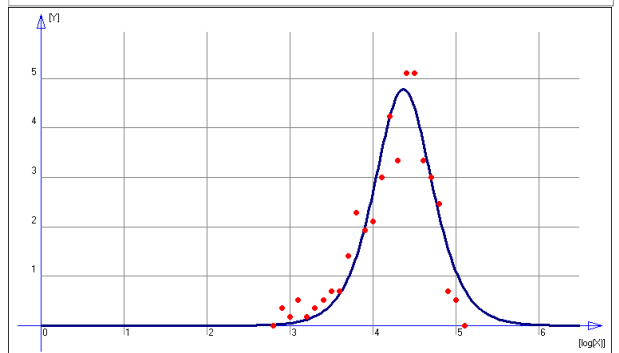
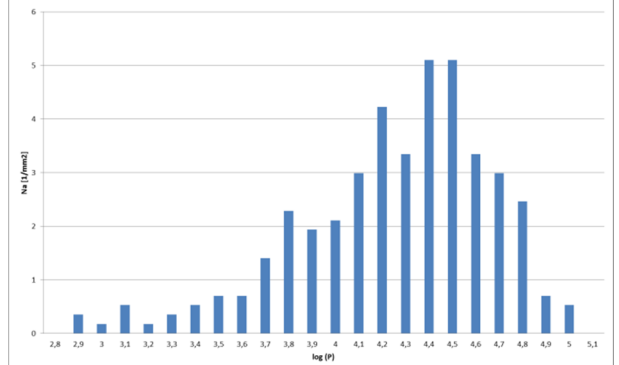


U = 5,7318; W = 4,2515; Z = 4,2515
 Odchylenie std. = 0,681; Korelacja = 0,9361
 Test Fishera = 18,5

b)



T6



U = 4,4197; W = 4,3643; Z = 4,3261
 Odchylenie std. = 0,524; Korelacja = 0,9500
 Test Fishera = 22,2

Rys. 3. Rozkłady wielkości ziarna oraz ich funkcyjny opis wraz z parametrami funkcji.
 a) wytop T5, b) wytop T6

3. Analiza wyników

Analiza parametrów U,W,Z (tabela 2) funkcji rozkładu ilości ziaren osnowy w klasach ich wielkości wskazuje na duże rozbieżności pomiędzy poszczególnymi wytopami.

Najlepszą strukturę ze względu na jej rozdrobienie obserwujemy dla wytopu T4. Świadczy o tym najmniejsza wartość parametru W (średnia logarytmiczna wielkość ziaren) oraz wysoka wartość parametru U ściśle skorelowana z ilością ziaren przypadających na jednostkę powierzchni. Powodów tego należy szukać w składzie chemicznym i modyfikacji. W staliwie T4 obserwujemy jednocześnie duże zawartości Ni, Mo oraz modyfikatorów V i Ti.

Tabela 2.

Zestawienie parametrów

| | U | W | Z |
|----|--------|--------|--------|
| T2 | 5,0739 | 4,2814 | 4,2800 |
| T4 | 7,5505 | 4,1058 | 4,5577 |
| T5 | 5,7318 | 4,2515 | 4,2515 |
| T6 | 4,4197 | 4,3643 | 4,3261 |

Należy zwrócić uwagę że skład chemiczny nie ma istotnego wpływu na wielkość ziaren osnowy (parametr W). Obserwujemy natomiast duże zróżnicowanie ilości ziaren (parametr U). Najniższą wartość parametru U zaobserwowano dla wytopu T6 w którym stwierdzono dużą zawartość węgla, chromu i niklu.

Skład chemiczny wpłynął dość istotnie na kształt wykresów ATD (rys. 1). Szczególnie dobrze jest widać na rysunkach 1c i 1d. Są to staliwa o stosunkowo dużej zawartości węgla co powoduje pojawienie się znacznego piku pod koniec procesu krystalizacji pierwotnej wskazującego na krystalizację większej ilości eutektyki węglkowej po granicach ziaren osnowy.

Literatura

- [1] Szajnar, J., Studnicki, A., Głownia, J., Kondracki, M., Suchoń, J. & Wróbel, T. (2013). Technological aspects of low-alloyed cast steel massive casting manufacturing *Archives of Foundry Engineering*. 13(4). 97-102.
- [2] Studnicki, A. & Szajnar, J. (2012). Investigation of wear resistant of low-alloyed and chromium cast steel. *Archives of Foundry Engineering*. 12(2). 79-84.
- [3] Kondracki, M. Studnicki, A. & Szajnar J. (2013). Badania korozyjne staliw wysokochromowych do zastosowań na elementy maszyn ciężkich. *Ochrona przed korozją*. 56, 574-579.
- [4] Kondracki, M., Studnicki, A., Szajnar, J. (2014). Influence of Carburising and Heat Treatment Operation on Selective Corrosion of Chromium Cast Steels. *Ochrona przed korozją*. 5, 174-178.
- [5] Studnicki, A., Kondracki, M. & Szajnar, J. (2012). Primary crystallization of high chromium cast steel in metastable conditions. *Archives of Foundry Engineering*. 12(spec.2), 59-66.
- [6] Studnicki, A. Kondracki, M. Szajnar, J. (2013). Primary crystallization of chromium cast steel in metastable conditions Metal 2013; International Conference on Metallurgy and Materials, Brno, Czech Republic, 15-17.05.
- [7] Studnicki, A., Kondracki, M., Szajnar, J. & Wróbel, T. (2013). Crystallization of Low-alloyed Construction Cast Steel Modified with V and Ti. *Archives of Foundry Engineering*. 13(3), 92-96.
- [8] Studnicki, A. & Szajnar, J. (2013). Temperature gradient in cooling down Fe-C-Cr alloy casting. *Manufacturing Technology*. 13(1), March. 98-103.
- [9] Suchoń, J., Studnicki, A. & Szajnar, J. (2013). Wtrącenia niemetaliczne w staliwie topionym w małym piecu indukcyjnym. *Archives of Foundry Engineering*. 13(spec. 2), 93-97.

Investigation of the Grain Size of Wear Resistant Chromium Cast Steel

Abstract

The presented results are a part of research conducted in the Department of Foundry, Silesian University of Technology on the improvement of the properties of chromium cast steels for heavy machines working in very hard conditions. Examples of such machines are combines mining. The paper focuses on the analysis of the factors influencing on the structure grain size of sleeve casting. The grain size is the main factor, next to the chemical composition, which determines the wear resistance of the working element.