

# Wtrącenia niemetaliczne w staliwie topionym w małym piecu indukcyjnym

J. Suchoń \*, A. Studnicki, J. Szajnar

Katedra Odlewnictwa Politechniki Śląskiej, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice Poland

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

Otrzymano 20.07.2013, zaakceptowano do druku 09.09.2013

## Streszczenie

Czynnikiem decydującym o jakości wielu stopów w tym szczególnie staliwa jest ilość wielkość i rodzaj wtrąceń niemetalicznych. W prezentowanej pracy podjęto próbę określenia jak wpływają skład chemiczny, dodatki stopowe oraz sposób prowadzenia wytopu na ilość i rodzaj wtrąceń niemetalicznych.

**Słowa kluczowe:** Staliwo, Wtrącenia niemetaliczne, Dodatki stopowe

## 1. Wprowadzenie

Wtrącenia niemetaliczne stanowią bardzo istotny czynnik decydujący o właściwościach stali i staliw. Rodzaj występujących wtrąceń ich ilość uzależnione są od bardzo wielu czynników takich jak: skład chemiczny stopu, zastosowane modyfikatory i sposób dodania, użyte odtleniacze i sposób ich dodania, temperatura przegrzania metalu, rodzaj masy formierskiej czy zastosowanego zabiegu argonowania [1-4]. Istotne znaczenie mogą mieć nawet mikrodotatki takie jak V, Ti Al [5]. Szczególnego znaczenia nabierają one gdy wytop prowadzony jest w piecu o pojemności kilkudziesięciu kilogramów ponieważ w tych warunkach zabiegi argonowania kąpieli stają się prawie niemożliwe. Przedmiotem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zastosowanych dodatków stopowych na ilość i wielkość wtrąceń niemetalicznych.

## 2. Badania własne

Materiałem wyjściowym do badań był złom stali CREUSABRO 8000 o składzie przedstawionym w tabeli 1. Na bazie tego materiału wykonano dwa wytopy.

Tabela 1.

Skład wyjściowy badanego materiału.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	V
<0,28	0,4	<1,60	<0,003	<0,002	<1,60	>0,20	>0,4	0,03	0,02

Przeprowadzone wytopy przebiegały następująco:

Wytop 1:

- wsad – 18,5 kg stali CREUSABRO 8000,
- żużel – w ilości ok. 2% (0,4 kg) z suchego piasku kwarcowego,
- odtlenianie – w piecu za pomocą ok. 0,3% (0,06 kg) FeCaSi oraz 0,03% (6g) Al.

Wytop 2:

- wsad – 18,5 kg stali CREUSABRO 8000,
- uzupełnienie wsadu: ok. 1% Ni (0,2 kg) i 0,5% Mo (0,13 kg FeMo),
- żużel – w ilości ok. 2% (0,4 kg) z suchego piasku kwarcowego,
- odtlenianie – w piecu za pomocą ok. 0,3% (0,06 kg) FeCaSi,
- wprowadzenie 0,06% (10g) FeV,
- po upływie ok. 3 min. wprowadzono 0,06% (10g) FeTi.

Analizę składu chemicznego otrzymanych materiałów przedstawiono w tabeli 2. Dla wykonanych wytopów

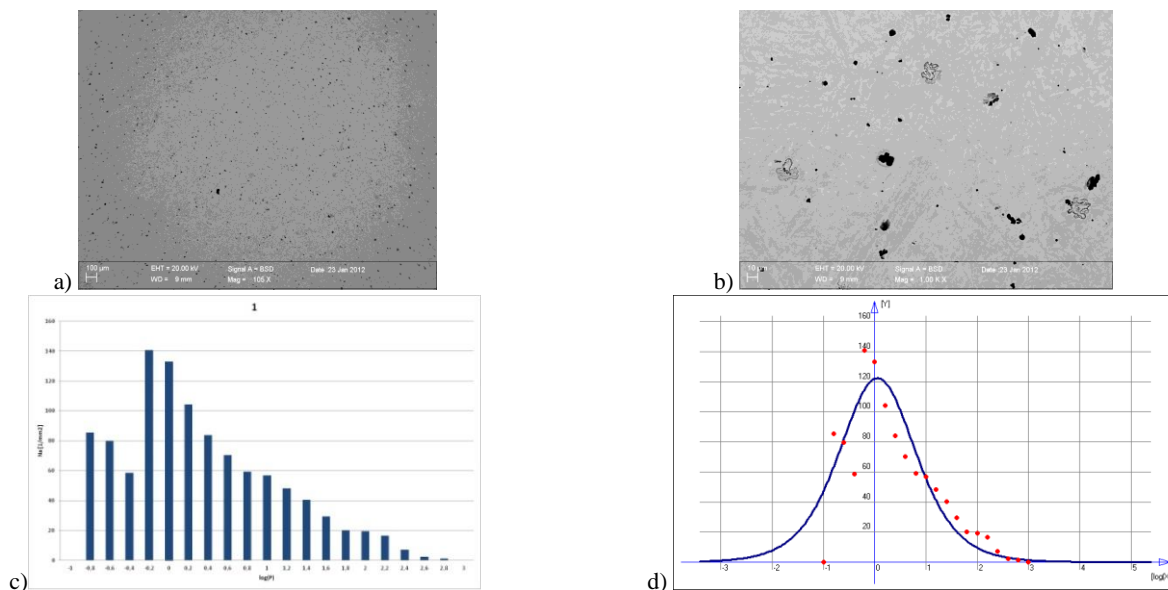
przeprowadzono analizę ilościową występujących wtrąceń niemetalicznych oraz mikroanalizę rentgenowską w celu

zidentyfikowania rodzaju wydzielen. Wyniki tych analiz przedstawiono na rysunkach 1 do 4.

Tabela 2.

Skład chemiczny otrzymanych staliw

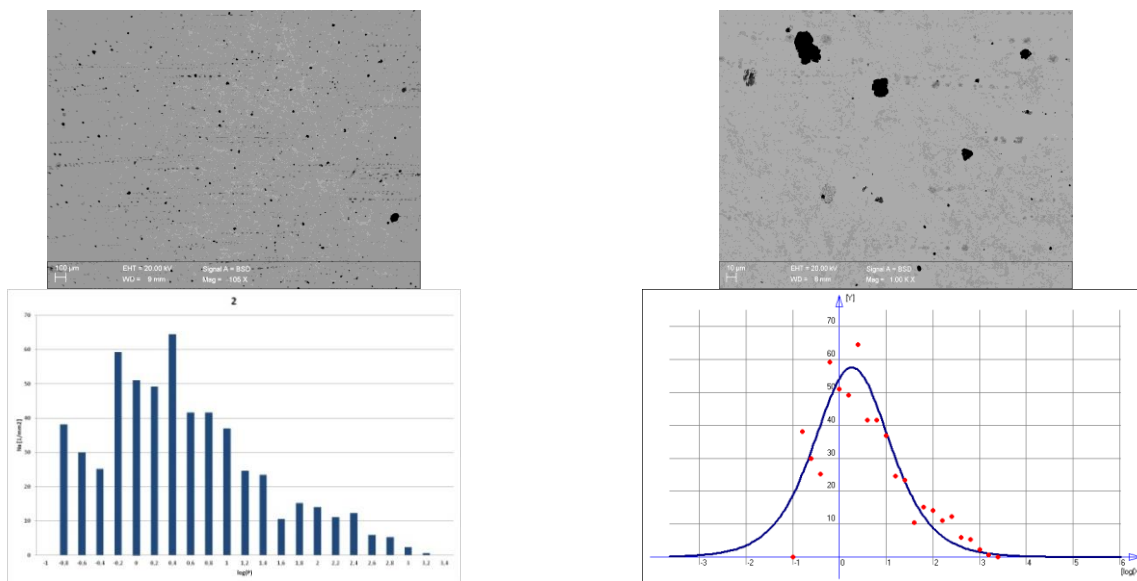
Nr	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ti	V
1	0,27	0,80	0,84	0,019	0,003	0,60	0,23	0,29	0,027	0,43		
2	0,22	0,91	0,80	0,018	0,003	0,60	0,73	1,32	0,007	0,48	0,008	0,035



$U = 562,80$ ;  $W = 0,13181$ ;  $Z = 0,86978$

Odchylenie std. = 19,1; Korelacja = 0,9060; Test Fishera = 13,4

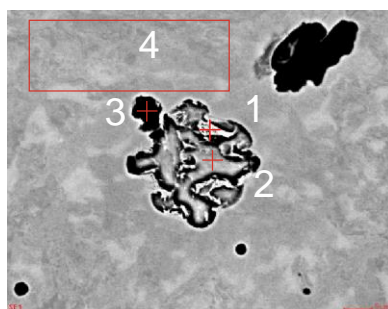
Rys. 1. Wytop 1. a) wtrącenia niemetaliczne pow. 105 x, b) wtrącenia niemetaliczne pow. 1000x, c) rozkład ilości wtrąceń w klasach ich wielkości, d) matematyczny opis rozkładu ilości wtrąceń



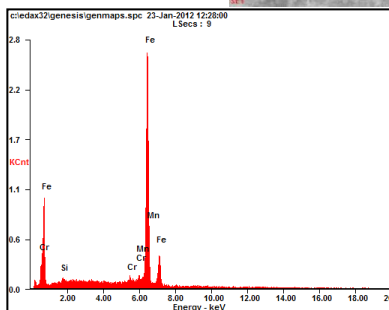
$U = 290,28$ ;  $W = 0,79439$ ;  $Z = 0,62597$

Odchylenie std. = 7,89; Korelacja = 0,9245; Test Fishera = 17,4

Rys. 2. Wytop 2. a) wtrącenia niemetaliczne pow. 105 x, b) wtrącenia niemetaliczne pow. 1000x, c) rozkład ilości wtrąceń w klasach ich wielkości, d) matematyczny opis rozkładu ilości wtrąceń

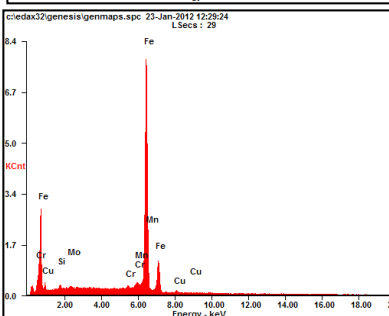


1



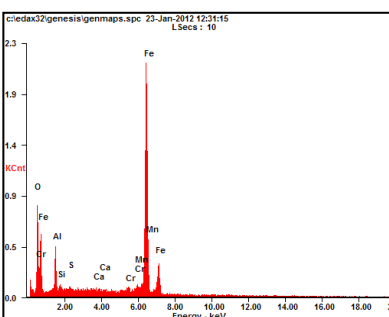
Element	Wt%	At%
Si	0.98	1.93
Cr	1.50	1.60
Mn	2.69	2.70
Fe	94.83	93.77
Matrix	Correction	ZAF

2



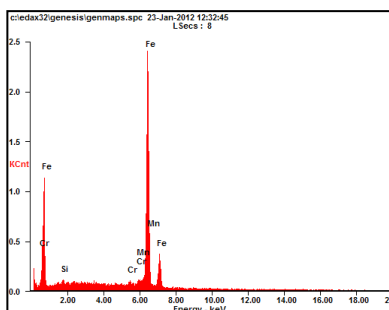
Element	Wt%	At%
Si	0.73	1.45
Mo	0.76	0.44
Cr	1.42	1.52
Mn	3.05	3.08
Fe	92.56	92.21
Cu	1.48	1.30
Matrix	Correction	ZAF

3



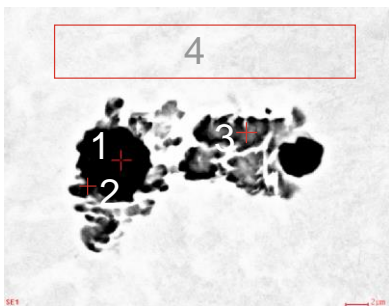
Element	Wt%	At%
O	11.13	28.48
Al	6.90	10.46
Si	0.73	1.07
S	0.41	0.52
Ca	0.45	0.46
Cr	1.15	0.91
Mn	2.35	1.75
Fe	76.87	56.35
Matrix	Correction	ZAF

4

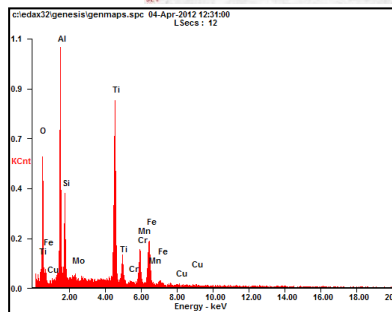


Element	Wt%	At%
Si	00.81	01.59
Cr	01.15	01.23
Mn	02.48	02.50
Fe	95.56	94.68
Matrix	Correction	ZAF

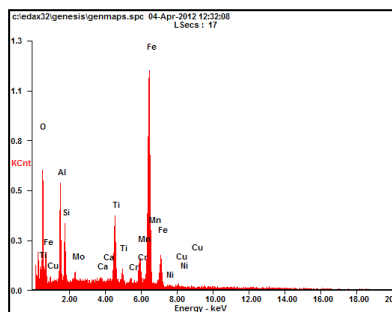
Rys. 3. Wyniki mikroanalizy rentgenowskiej wtrąceń niemetalicznych i osnowy dla wytopu 1



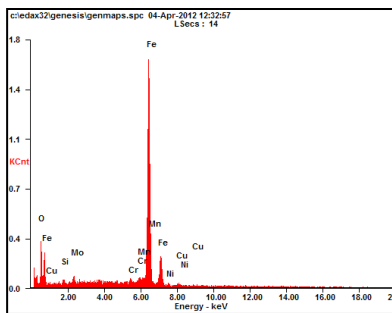
1



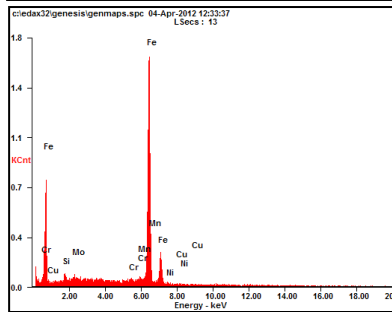
2



3



4



Element	Wt%	At%
O	30.18	51.78
Al	16.77	17.06
Si	6.80	6.64
Mo	1.18	0.34
Ti	24.25	13.90
Cr	0.48	0.26
Mn	7.57	3.78
Fe	12.26	6.03
Cu	0.51	0.22
Matrix	Correction	ZAF

Element	Wt%	At%
O	16.51	36.92
Al	8.68	11.51
Si	4.93	6.28
Mo	1.56	0.58
Ca	0.37	0.33
Ti	7.97	5.96
Cr	0.98	0.68
Mn	5.61	3.66
Fe	51.47	32.98
Ni	0.76	0.46
Cu	1.14	0.64
Matrix	Correction	ZAF

Element	Wt%	At%
O	7.73	22.61
Si	0.91	1.51
Mo	1.55	0.76
Cr	1.25	1.12
Mn	2.32	1.98
Fe	83.05	69.58
Ni	1.47	1.17
Cu	1.72	1.27
Matrix	Correction	ZAF

Element	Wt%	At%
Si	1.45	2.85
Mo	1.10	0.63
Cr	1.15	1.23
Mn	2.21	2.23
Fe	91.77	90.93
Ni	1.54	1.45
Cu	0.78	0.68
Matrix	Correction	ZAF

Rys. 4. Wyniki mikroanalizy rentgenowskiej wtrąceń niemetalicznych i osnowy dla wytopu 2

### 3. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ rodzaju materiałów wsadowych i składu chemicznego na wielkość i rodzaj wtrąceń niemetalicznych. W próbkach pobranych z wytopu 1 obserwujemy występowanie dużej ilości drobnych wtrąceń niemetalicznych. Ich średnia wielkość co pokazano na rys. 1. wynosi  $1,14 \mu\text{m}^2 (W=\ln(P))$ . W przypadku wytopu 2 czyli stopu o większej ilości dodatków stopowych obserwujemy wzrost średniej wielkości wtrąceń do  $2,21 \mu\text{m}^2$  oraz wzmniejszenie ich ilości o czym świadczy spadek wartości parametru U. Jednocześnie mikroanaliza rentgenowska wykazała, że ze wzrostem ilości dodatków stopowych wzrósł stopień złożoności wtrąceń. Szczególnie uwidacznia się to na przykładzie tytanu i molibdenu których wprowadzenie do stopu od razu zostało uwidocznione w mikroanalizie rentgenowskiej wtrąceń. Analiza wyników wyraźnie wskazuje, że dominującymi wtrąceniami są tlenki, udało się odnaleźć siarczki. Nie stwierdzono natomiast występowania azotków.

### Podziękowania

Prezentowane badania zostały wykonane podczas realizacji projektu N R507 0054 10 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

### Literatura

- [1] Wieloch, S. & Głownia, J. (1988). Theoretical aspects of heterogeneous cast steel modification. *Krzepnięcie Metali i Stopów*. 13 55-68.
- [2] Hübner, K. J. & Głownia, J. (2000). Techniques of argon treatment of steel in small capacity ladles vs steel cleanness. *Krzepnięcie Metali i Stopów*. 2(44), 131-136.
- [3] Głownia, J. & Hübner, K. J. (1997). Morphology of Nitrides during Deoxidation of Steel. *Krzepnięcie Metali i Stopów*. 31, 53-62.
- [4] Kalandyk, B. & Głownia, J. (2006). Slag – gas defects on industrial casting of carbon and alloys cast steels. *Archiwum Odlewnictwa*. 6(22), 254- 259.
- [5] Kniagin, G. (1979). Effect of small additions of certain elements on the properties cast steel and steel. *Przegląd Odlewnictwa*. 4, 95-101.

# Non-metallic Inclusions in Cast Steel Melted in a Small Induction Furnace

### Abstract

Determinant of the quality of many alloys in particular cast a number of magnitude and type of non-metallic inclusions. In the present study attempts to determine how they affect the chemical composition, alloying elements and the manner in which the melt of the number and type of non-metallic inclusions.