

PARAMETRY PROCESU WDMUCHIWANIA ŻELAZOSTOPÓW DO CIEKŁYCH STOPÓW ŻELAZA

JEZIERSKI Jan, JANERKA Krzysztof, JURA Stanisław,
PIĄTKIEWICZ Zbigniew
Politechnika Śląska, Katedra Odlewnictwa
44 – 100 Gliwice, ul. Towarowa 7, POLAND

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienie wprowadzania FeSi do ciekłego żeliwa metodą pneumatyczną. Przeanalizowano głównie wpływ wielkości ziarna wdmuchiwanego żelazostopu na efektywność nakrzemowywania żeliwa, jak również spadek temperatury kąpieli w czasie trwania procesu. Eksperymenty dotyczyły przypadku wdmuchiwania proszku do pieca elektrycznego indukcyjnego lancą nie zanurzoną (znad powierzchni kąpieli).

1. WPROWADZENIE

Pneumatyczne wprowadzanie sproszkowanych reagentów do ciekłego metalu ma już długą historię, popartą dużą liczbą stosowanych stanowisk w różnych procesach obróbki ciekłego metalu. Wdmuchiwanie proszku przebiega czy to do pieca, na rynnę odlewniczej, do kadzi, czy nawet do formy odlewniczej. [2] Zastosowania te dotyczą jednak głównie pieców elektrycznych łukowych, wielkich pieców czy żeliwiaków w aspekcie nawęglania, odfosforowania, odsiarczania, odtleniania. Niewiele jest natomiast udokumentowanych w literaturze zastosowań wdmuchiwania proszków do ciekłego metalu celem wprowadzenia składników stopowych - w Polsce [3,4,5,6] za granicą. [1]. Przyjmując nawet, że pozycje te stanowią tylko pewną część opisujących tego typu eksperymenty, to mimo tego widać, że ten obszar zastosowania został praktycznie zaniechany. Dzieje się tak pomimo faktu, że większość cytowanych pozycji literaturowych informuje o dobrych, a nawet bardzo dobrych wynikach prowadzonych badań. Niniejsza publikacja jest wynikiem podjęcia badań w tym zakresie, mających na celu głównie rozwiązanie pewnych zagadnień związanych z dynamiką

strumienia dwufazowego gaz – proszek w aspekcie jej wpływu na efektywność i szybkość procesu wdmuchiwania.

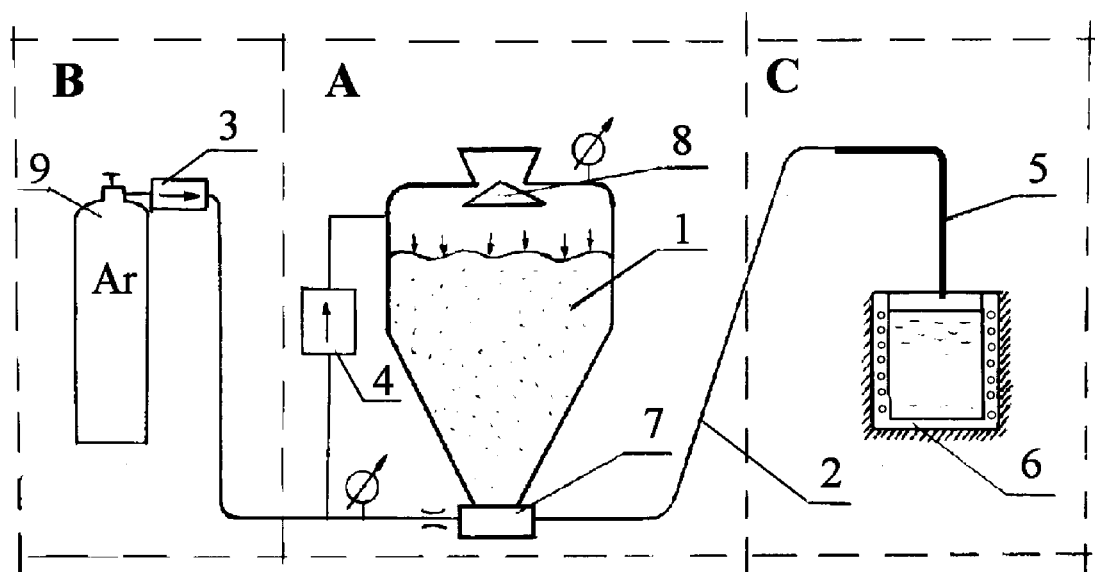
Opisane eksperymenty miały charakter badań wstępnych mających nakreślić dalszy plan działań, zwłaszcza zaś rozwiązań konstrukcyjnych stanowiska badawczego jak również optymalizacji pneumatycznych parametrów procesu.

2. STANOWISKO BADAWCZE I METODYKA BADAŃ

2.1. Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze przedstawione na Rys. 1. składa się z trzech części:

- nadawczej A
- zasilającej sprężonym gazem B
- bezpośredniego wprowadzania proszku do kąpeli metalowej C



Rys. 1. Stanowisko badawczo – pomiarowe: 1 - podajnik transportu pneumatycznego, 2 – przewody transportowe, 3 – reduktor nadciśnienia zasilania, 4 – reduktor nadciśnienia gazu w podajniku, 5 – lanca, 6 – urządzenie odbiorcze (piec elektryczny indukcyjny), 7 – komora mieszania, 8 – zawór dzwonowy, 9 – butla z gazem (argon)

Fig. 1. Research stand: 1 – pneumatic transport vessel, 2 – pipes, 3 – reducing valve of feed pressure, 4 – reducing valve of pressure in vessel, 5 – injection lance, 6 – receiver (induction furnace), 7 – mixing chamber, 8 – „bell” valve, 9 – bottle of gas (argon)

Gazem transportującym był argon pobierany z butli. Układ nadawczy stanowił podajnik komorowy wysokociśnieniowy o pracy cyklicznej systemu POLKO o objętości 0,01 m³,

wyposażony w aparaturę kontrolno – pomiarową jak na Rys. 1. Układ wprowadzania proszku do kąpieli metalowej stanowiła lanca stalowa wygięta pod kątem 90° o średnicy $d_w = 8$ mm. Odbiornikiem proszku był piec elektryczny indukcyjny tyglowy o pojemności ok. 30 kg ciekłego żeliwa.

2.2. Materiał do badań.

Stosowanym w badaniach żelazostopem był żelazokrzem o zawartości Si = 60 % i ziarnistości 0 – 1,6 mm. Skład żeliwa wyjściowego w poszczególnych wytopach podaje Tabela 1, w której znajdują się jednocześnie wyniki analiz chemicznych próbek pobranych w poszczególnych etapach procesu wdmuchiwania.

Tabela 1.

Skład chemiczny żeliwa w poszczególnych wytopach

		Zawartość pierwiastków, %									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
Wyt. 1	0	2,82	1,10	0,29	0,047	0,015	0,02	0,03	-----	0,06	-----
	I	2,69	3,03	0,31	0,047	0,013	0,05	0,03	-----	0,06	-----
	II	2,62	5,80	0,36	0,046	0,015	0,09	0,03	-----	0,06	-----
Wyt. 2	0	2,60	0,57	0,35	0,043	0,015	0,07	0,03	0,01	0,06	0,006
	I	2,67	2,48	0,42	0,054	0,028	0,04	0,02	0,01	0,05	0,005
	II	2,50	5,03	0,36	0,035	0,016	0,11	0,03	0,01	0,05	0,020
Wyt. 3	0	2,50	0,46	0,32	0,045	0,024	0,07	0,04	0,01	0,06	0,008
	I	2,50	3,55	0,36	0,040	0,026	0,09	0,03	0,01	0,06	0,030
	II	2,28	7,12	0,36	0,032	0,026	0,10	0,03	0,01	0,06	0,029
Wyt. 4	0	2,78	1,06	0,30	0,031	0,014	0,05	0,04	0,01	0,07	0,006
	I	2,66	4,76	0,30	0,025	0,016	0,08	0,04	0,01	0,07	0,014
	II	2,48	7,04	0,33	0,019	0,015	0,09	0,04	0,01	0,06	0,020

0 – przed wdmuchiowaniem (żeliwo wyjściowe)

I – pierwsze wdmuchnięcie (wytop 4 – materiał wsypany na powierzchnię)

II – drugie wdmuchnięcie (wytop 4 – materiał wsypany na powierzchnię)

W celu dokładniejszej analizy efektów obróbki, a także jej parametrów pneumatycznych przeprowadzono kilka prób z zastosowaniem żelazostopu o różnej wielkości ziarna. Aby zaś mieć punkt odniesienia dla wyników badań, jeden z wytopów przeprowadzono, wprowadzając odpowiednią porcję FeSi na powierzchnię kąpieli z jednoczesnym jej mechanicznym mieszaniem. Podział na frakcje przedstawiał się następująco w poszczególnych wytopach:

- wytop 1: frakcja 0 – 1,6 mm,
- wytop 2: frakcja 0 – 0,20 mm,

- wytop 3: frakcja 0,20 – 0,63 mm,
- wytop 4: frakcja 0 – 1,6 mm, materiał wprowadzony na powierzchnię kąpieli.

2.3. Przebieg badań

Proces wdmuchiwania prowadzony był przy wyłączonym piecu, po ściągnięciu żużla i pomiarze temperatury kąpieli. Parametry pneumatyczne procesu (ciśnienie zasilania p_1 i ciśnienie w podajniku p_4) zostały dobrane na podstawie badań wstępnych, w czasie których odbiornikiem proszku zamiast pieca był cylinder ze szkła organicznego. W wyniku tych badań ustalono odpowiednie dla procesu parametry, kierując się kryterium równomierności i krótkiego czasu transportu proszku – Tabela 2. Materiałem stosowanym podczas badań wstępnych był żelazokrzem o frakcji 0 – 1,6 mm.

Tabela 2

Parametry procesu dobrane i obliczone na podstawie badań wstępnych

p_1 MPa	p_4 MPa	V_N m ³ /s	t s	m_c kg/s	m_g kg/s	μ kg/kg	w_k m/s
0,30	0,075	0,00092	12,69	0,06304	0,00117	53,901	18,33

Wartości parametrów pracy układu w warunkach doświadczalnych przedstawia Tabela 3.

Tabela 3

Parametry pneumatyczne, wielkości mierzone i obliczone w warunkach doświadczalnych

		p_1 MPa	p_4 MPa	m_c kg	m_m kg	t s	T_p °C	T_k °C	ΔT °C	E %	E_{sr} %	m_c kg/s
Wyt. 1	I	0,3	0,075	0,80	14,94	17,52	1440	1360	80	60,07	90,64	0,046
	II	0,3	0,075	0,55	14,44	20,32	1440	1435	5	121,21		0,027
Wyt. 2	I	0,3	0,075	0,80	14,84	18,32	1440	1400	40	59,05	75,69	0,044
	II	0,3	0,075	0,66	14,34	17,94	1440	1380	60	92,34		0,037
Wyt. 3	I	0,3	0,075	0,80	14,07	17,81	1450	1431	19	91,16	95,30	0,045
	II	0,3	0,075	0,80	13,37	16,83	1450	1392	58	99,44		0,047
Wyt. 4	I	-----	-----	0,80	13,40	-----	1448	-----	-----	-----	60,32	-----
	II	-----	-----	0,80	12,20	-----	1447	-----	-----	60,32		-----

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Efektywności nakrzemowywania podczas wytopów 1 i 2 dla poszczególnych etapów procesu różnią się znacznie od siebie, a w pierwszym przypadku wynosi ona powyżej 100 %.

Wynika to z faktu przyjęcia zbyt krótkiego czasu między wprowadzeniem FeSi a zalaniem próbki do analizy składu chemicznego, w związku z czym całkowity przyrost krzemu po drugim wdmuchnięciu był większy niż wynikałoby to z wprowadzonej jego ilości. Dlatego w Tabeli 2 podano również wartości średniej efektywności dla obu wdmuchnięć żelazostopu.

Po analizie tych wartości można zaobserwować zjawisko identyczne jak opisywane w pracach [3,4,5,6], że zbyt drobne cząstki żelazostopu zmniejszają efektywność nakrzemowywania. Najkorzystniejsze w tym przypadku okazało się wprowadzanie cząstek o wielkości ziarna 0,20 – 0,63 mm, dla których uzyskano bardzo wysoką efektywność średnią równą ponad 95 %, co jest wynikiem bardzo dobrym w porównaniu z 60 % efektywnością podczas wprowadzania FeSi na powierzchnię kąpieli i mechanicznego jej mieszania.

Spadek temperatury kąpieli metalowej ΔT podczas procesu wahał się w granicach 40 – 80 °C (wartości $\Delta T = 5$ i 19 °C są raczej mało prawdopodobne i należy je odrzucić jako błędne). Stosunkowo mały spadek temperatury kąpieli przy jej niewielkiej masie i wyłączonym piecu wiąże się zapewne z faktem zastosowania lancy nie zanurzonej.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone eksperymenty wdmuchiwania FeSi do ciekłego żeliwa potwierdziły wysoką skuteczność tej metody wprowadzania dodatków stopowych. Potwierdziły również wpływ wielkości ziarna żelazostopu na efektywność procesu jak również zalety zastosowania lancy nie zanurzonej w kąpieli metalowej. Omawiane eksperymenty miały charakter badań wstępnych, a w ramach ich kontynuacji przeprowadzone zostaną próby wdmuchiwania innych żelazostopów do ciekłego żeliwa przy większym zakresie analizowanych zmiennych oraz przy zastosowaniu nieco zmodyfikowanego stanowiska badawczego i warunków procesu.

Przewiduje się, że wprowadzone zmiany umożliwią rozwiązanie niektórych zagadnień związanych z dynamiką procesu wdmuchiwania proszków, co jest jednym z głównych celów rozpoczętych prac.

LITERATURA

- [1] Carlsson G., Berg B.: An overview of injection metallurgy, Int. Conf. Secondary Metallurgy, Aachen 1987
- [2] Janerka K., Piątkiewicz Z., Szlumczyk H.: Urządzenia do wdmuchiwania proszków do pieców metalurgicznych, Przegląd Odlewnictwa, nr 6, 1993

- [3] Jeziński J., Jura S.: Wprowadzanie FeSi do ciekłego żeliwa metodą pneumatyczną. Krzepnięcie Metali i Stopów, Rok 1999, Rocznik 1, Nr 40
- [4] Warchała T., Borkowski S.: Żeliwo niskochromowe o zawartości do 1,5% Cr uzyskiwane przez rozpuszczanie żelazokrzemochromu, Przegląd Odlewnictwa, nr 4, 1989
- [5] Warchała T., Borkowski S.: Wytwarzanie żeliwa niskochromowego metodą wdmuchiwania FeSiCr do kąpeli, Przegląd Odlewnictwa, nr 4, 1990
- [6] Warchała T., Borkowski S.: Spadek temperatury ciekłego żeliwa podczas obróbki pozapiecowej, Przegląd Odlewnictwa, nr 1, 1991

PARAMETERS OF PNEUMATIC INJECTION OF FERROALLOYS INTO LIQUID IRON ALLOYS

SUMMARY

This paper presents problem of pneumatic injection of FeSi into the liquid cast iron. Influence of grain size injected ferroalloys for increase of silica contents and a temperature of liquid decrease in process time was analyzed. Experiments were concern for a case of injection into an induction furnace with non-submerged lance (above the liquid).