

METODA WDMUCHIWANIA PROSZKÓW DO CIEKŁYCH STOPÓW JAKO NARZĘDZIE POPRAWY JAKOŚCI I EKONOMICZNOŚCI PRODUKCJI ODLEWNICZEJ

JÓZEF GAWROŃSKI¹, JAN JEZERSKI² KRZYSZTOF JANERKA³
Zakład Odlewnictwa, Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Towarowa 7, POLAND

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono korzyści wynikające z pneumatycznego wprowadzania reagentów (nawęglaczy, dodatków stopowych) do ciekłego stopu w aspekcie ekonomiczności procesu metalurgicznego oraz jakości uzyskiwanych tworzyw odlewniczych. Wskazano na zalety związane z wdmuchiwaniami materiałów ziarnistych jak również na wady i niebezpieczeństwa tego rodzaju obróbki wynikające ze specyfiki niektórych operacji metalurgicznych, prowadzonych w różnych jednostkach piecowych.

Key words: powder injection, pneumatic transportation, liquid alloy, two-phase stream.

1. WPROWADZENIE

Procesy metalurgiczne wytopu różnego rodzaju stopów należą do najbardziej energochłonnych, a co za tym idzie generują znaczną ilość kosztów w całej technologii odlewniczej. Wiąże się to między innymi z długim czasem wszelkiego rodzaju obróbki ciekłej kąpieli (rafinacja, modyfikacja, nawęglanie, wprowadzanie dodatków stopowych), w czasie trwania których konieczne jest utrzymywanie odpowiedniej temperatury kąpieli metalowej. Należy więc dążyć do maksymalnego skrócenia czasu wprowadzania reagentów, przy jednoczesnym zapewnieniu jak najwyższego stopnia ich

¹ *prof. zw. dr hab. inż. zgawron@polsl.gliwice.pl*

² *dr inż. georgeko@zeus.polsl.gliwice.pl*

³ *dr inż. janerka@zeus.polsl.gliwice.pl*

przyswajania przez ciekły stop. Jedną z najlepszych metod intensyfikacji procesów metalurgicznych w tym aspekcie jest metoda pneumatycznego wprowadzania sproszkowanych reagentów, która zapewnia krótki czas trwania procesu i wysokie wartości wskaźników technologicznych takich jak efektywność (uzysk) czy szybkość procesu.

Duży wpływ na koszt wytopu ma możliwość wykorzystania drobnych frakcji wprowadzanych reagentów (np. żelazostopów), które jako materiały odpadowe z produkcji materiałów w postaci kawałkowej można pozyskać za znacznie niższą cenę.

2. ZASTOSOWANIE METODY WDMUCHIWANIA PROSZKÓW

Metoda wdmuchiwania proszków jako uznana od wielu już lat metoda obróbki ciekłych stopów, znalazła zastosowanie w następujących procesach:

- nawęglanie żeliwa
- spienianie żużła
- wdmuchiwanie dodatków stopowych
- modyfikacja i sferoidyzacja żeliwa
- odsiarczanie, odtlenianie i odfosforowanie oraz modyfikacja wtrąceń niemetalicznych
- wdmuchiwanie pyłów piecowych do pieców metalurgicznych i inne.

Najlepsze rezultaty (a za tym idzie najszersze zastosowanie w praktyce) daje pneumatyczne nawęglanie żeliwa w piecach elektrycznych łukowych, w przypadku konieczności znacznego zwiększenia zawartości węgla w żelowie wyjściowym przed jego sferoidyzacją. Ma to szczególne znaczenie, gdy dla zmniejszenia kosztów jako wsad stosuje się złom stalowy o niskiej zawartości węgla. W tym zakresie Zakład Odlewnictwa Politechniki Śląskiej ma bardzo duże osiągnięcia, mierzone kilkunastoma działającymi w kraju instalacjami wdmuchiwania nawęglacza.

Metoda wdmuchiwania proszków, ze względu na swoją specyfikę jest stosunkowo rzadko stosowana do wprowadzania reagentów do pieców elektrycznych indukcyjnych. Spowodowane jest to niebezpieczeństwem wypłynięcia stopu na podest pieca w wyniku wzburzenia kąpieli wprowadzonym z reagentem gazem nośnym. Problem ten nie występuje jedynie (lub występuje w znikomym stopniu) w przypadku zastosowania lancy niezanurzonej w kąpieli metalowej, przy czym metoda „wstrzeliwania” proszków nie jest jeszcze w wystarczającym stopniu poznana (badania nad nią prowadzone są także w gliwickim ośrodku).

3. WSKAŹNIKI EKONOMICZNE PROCESU WYTAPIANIA ŻELIWA Z WYKORZYSTANIEM METODY WDMUCHIWANIA PROSZKÓW

Do niedawna wytapianie żeliwa o dużej zawartości węgla oparte było o wsad na bazie surówki (często specjalnej). Takie rozwiązanie wiązało się z dużym problemem dowęglania ciekłej kąpieli, utrudnionym przyswajaniem węgla z nawęglacza wraz ze zwiększaniem się jego zawartości w żelowie. Problemy te nie

występowały, gdy zamiast tradycyjnych metod nawęglania zaczęto wprowadzać rozdrobniony nawęglacz metodą pneumatyczną.

Przydatność metody pneumatycznego nawęglania ciekłego metalu można rozpatrywać w wielu płaszczyznach, zależnych od realiów odlewni, do której jest prowadzona [13].

W przypadku stosowania surówki we wsadzie umożliwia ona częściową lub całkowitą jej eliminację i zastąpienie złomem stalowym, co daje w konsekwencji:

- obniżenie kosztów wytopu wynikające z różnicy cen tych dwóch materiałów wsadowych,
- użycie do wytopu większej ilości złomu stalowego, będącego w wielu przypadkach dla odlewni żeliwa materiałem o małej użyteczności ze względu na niską zawartość węgla [1,2,3].

W procesie wytopu bezsurówkowego omawiana metoda umożliwia:

- szybką i pewną korektę węgla po roztopieniu wsadu metalowego (skrócenie czasu nawęglania i jednocześnie wytopu),
- produkcję różnych gatunków żeliwa, nawet sferoidalnego wymagającego podwyższonej zawartości węgla w oparciu o złom obiegowy i stalowy,
- obniżenie pylenia materiałów grafitowych w porównaniu z metodami tradycyjnymi, gdyż nawęglacz jest wprowadzany pod lustro ciekłego metalu,
- ułatwienie pracy obsłudze pieca, eliminując ręczny załadunek nawęglacza i zastępując go dokładnym dozowaniem pneumatycznym.

Powyższe aspekty wprowadzania tej metody świadczą o jej przydatności i celowości stosowania w odlewni.

Badania prowadzone na instalacji funkcjonującej w Odlewni Staliwa „Łabędy” Sp. z o. o. w Gliwicach [2] wskazały z kolei na następujące korzyści zastosowania metody wdmuchiwania nawęglacza:

- znaczne skrócenie czasu procesu nawęglania (nawet 20-krotnie),
- zmniejszenie ilości materiału nawęglającego (3 do 5-krotnie)
- możliwość wykorzystania jako materiału nawęglającego mielonego złomu elektrod grafitowych.

Spowodowane jest to 10-20 krotnym zwiększeniem szybkości nawęglania i znacznym zwiększeniem stopnia wykorzystania węgla (6-8 razy).

W pracy [10] przedstawiono z kolei wyniki analiz ekonomicznych prowadzonych w czasie wdrażania metody pneumatycznego wdmuchiwania nawęglacza w odlewni METAEXPORT Odlewnia Kolużki. Oprócz podobnych do cytowanych wcześniej badań wniosków, przeprowadzone próby wykazały, że:

- największy udział w kosztach wytopu żeliwa ma wsad metalowy,
- wyeliminowanie surówki z wsadu, przy jednoczesnym zastosowaniu pneumatycznego wdmuchiwania nawęglacza, znacznie obniża koszty wytapiania żeliwa, szczególnie sferoidalnego,

- zastosowanie pneumatycznego nawęglania ciekłego żeliwa umożliwia elastyczną produkcję różnych gatunków żeliwa z identycznego wsadu metalowego.

Od wielu lat instalacja wdmuchiwanie nawęglacza funkcjonuje również w Odlewni Teksid w Skoczowie, gdzie służy do nawęglania żeliwa w piecach elektrycznych łukowych dla potrzeb wytwarzania żeliwa sferoidalnego na bazie złomu stalowego i obiegowego. Wieloletnia jej eksploatacja potwierdziła wysoką skuteczność, i bardzo wysoką opłacalność tej metody zwiększania zawartości węgla, zwłaszcza do dużych jego zawartości, co ma miejsce przy produkcji żeliwa sferoidalnego. Bardzo istotna jest też wysoka pewność, powtarzalność i niezawodność metody wdmuchiwanie, co jest zagadnieniem priorytetowym w aspekcie zapewnienia najwyższej jakości produkowanych odlewów [11,12].

4. WYKORZYSTANIE DROBNYCH FRAKCJI ŻELAZOSTOPÓW JAKO NOŚNIKÓW PIERWIĄSTKÓW STOPOWYCH

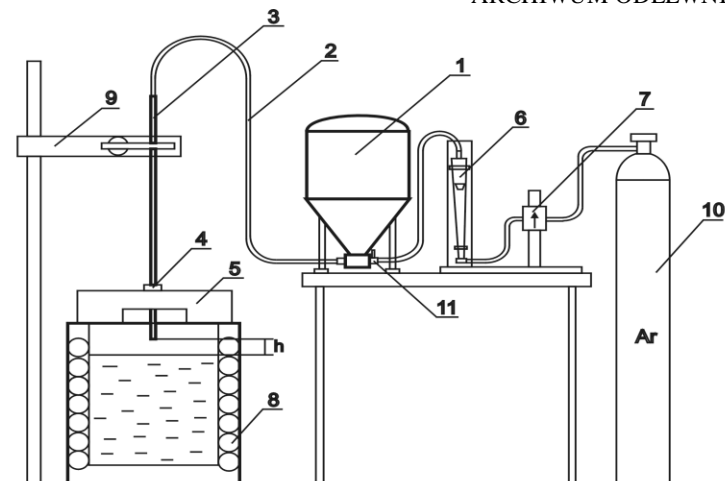
Stosunkowo dawno zaobserwowano, że na stopień wykorzystania (efektywność) dodatków stopowych zasadniczy wpływ ma ich rozdrobnienie oraz sposób wprowadzania. Spośród wielu metod wprowadzania rozdrobnionych składników różnego rodzaju do ciekłego stopu wiodącą jest metoda pneumatycznego wdmuchiwanie.

W przypadku pieców indukcyjnych, ze względu na specyfikę wytopu najkorzystniejszym rozwiązaniem wydaje się być wstrzeliwanie proszków lancą, której wylot znajduje się w pewnej odległości od lustra ciekłego stopu. W tym przypadku pojawia się problem zapewnienia poszczególnym ziarnom proszku wystarczającej energii dla pokonania oporów ośrodka, jakim jest ciekły stop.

Rozwinięcie metody wdmuchiwanie proszków wydaje się być celowe, zwłaszcza w aspekcie wykorzystywania drobnych frakcji niektórych materiałów, które w procesie wytwarzania są uważane za odpadowe. Uzyskanie pozytywnych wyników może umożliwić praktyczne wykorzystanie tej metody, zwłaszcza, że producenci materiałów dla metalurgii i odlewnictwa, sygnalizują potrzebę wykorzystania proszków żelazostopów dla efektywnego uzupełniania składników stopowych w żeliwie i staliwie [4,5].

W Zakładzie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej prowadzone są od kilku lat eksperymenty mające na celu udoskonalenie metody „wstrzeliwania” proszków niezanurzoną lancą, co umożliwiłoby jej stosowanie w dowolnych jednostkach piecowych. Badania prowadzone są na stanowisku badawczym widocznym na rys. 2.

Z punktu widzenia przemysłowego wykorzystania metody wdmuchiwanie dodatków stopowych ważna jest łatwość uzyskiwania dużych przyrostów pierwiastków stopowych w ciekłym żeliwie. Przeprowadzone badania potwierdziły przydatność metody wdmuchiwanie w tym aspekcie, jak również wskazały na dużą łatwość uzyskania bardzo wysokich efektywności procesu powyżej 90% [6,7,8,9].



Rys. 2. Stanowisko badawcze wdmuchiwania proszków do pieca elektrycznego indukcyjnego
 1-podajnik komorowy, 2-wąż gumowy, 3-lanca wprowadzająca proszek do kąpeli, 4-zderzak, 5-pokrywa ochronna, 6-rotametr przemysłowy RDN-25, 7-reduktor ciśnienia gazu zasilającego, 8-piec elektryczny indukcyjny tyglowy, 9-przesuwne ramię, 10-butla z gazem transportującym, 11-zasuwa obrotowa.

Fig. 2. Research stand of powder injection into induction furnace
 1-chamber feeder, 2-rubber hose, 3-injection lance, 4-buffer, 5- protective cover, 6-rotameter RDN-25, 7-supply gas pressure regulator, 8-crucible electric induction furnace, 9-slidable arm, 10-transportation gas cylinder, 11-swivel damper.

5. WPŁYW SPOSOBU WPROWADZANIA REAGENTÓW DO CIEKŁYCH STOPÓW NA ICH JAKOŚĆ

Na podstawie wielu badań stwierdzono, że nie bez znaczenia dla jakości wytapianych stopów odlewniczych są metody prowadzonej obróbki. Na własności użytkowe (w tym wytrzymałościowe) odlewów znaczny wpływ ma jednorodność składu chemicznego oraz struktury w całej objętości odlewu. Metody pneumatycznego wprowadzania materiałów ziarnistych, dzięki znakomitemu ich rozprzeczaniu w całej objętości ciekłego stopu są na tym polu niemal bezkonkurencyjne. Aby zapewnić całkowitą jednorodność kąpeli metalowej należy tak ustalić parametry pneumatyczne transportu proszku oraz taką konstrukcję urządzenia, aby uzyskać wystarczający zasięg strumienia dwufazowego oraz odpowiednie mieszanie kąpeli.

Prowadzone badania w warunkach przemysłowych oraz eksperymenty modelowania fizycznego wykazały, że decydujący wpływ na wymienione parametry ma prędkość gazu na wylocie z lancy, warunkująca uzyskanie przez ziarna żelazostopów wystarczającej energii kinetycznej, niezbędnej do zanurzenia się w ciekłym metalu.

LITERATURA

- [1] Janerka K., *Nawęglanie ciekłych stopów żelaza za pomocą urządzeń pneumatycznych*. Rozprawa doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice 1994.
- [2] Janerka K., Jura S., Łukasiewicz Z., Rzepka R., Swaczyna S.: Obniżenie kosztu wytapiania żeliwa w piecach elektrycznych łukowych przez pneumatyczne nawęglanie. *Przegląd Odlewnictwa* Nr. 2, 1994.
- [3] Janerka K i inni: *Szybkość nawęglania w funkcji parametrów strumienia dwufazowego w pneumatycznym nawęglaniu ciekłych stopów żelaza*, *Krzepnięcie Metali i Stopów*, PAN Katowice, 1998, nr. 38, s. 207-212
- [4] Jezierski J., Jura S., Janerka K., *Pneumatyczne wprowadzanie żelazokrzemu do ciekłego żeliwa*. *Archiwum Odlewnictwa*, Rok 2001, Rocznik 1, Nr 1 (1/2).
- [5] Jezierski J., Jura S., Janerka K., *Pneumatyczne wprowadzanie FeCr do ciekłego żeliwa*. *Archiwum Odlewnictwa*, Rok 2001, Rocznik 1, Nr 1 (2/2)
- [6] Jezierski J., Jura S., Janerka K., *Parametry procesu wdmuchiwania żelazostopów do ciekłych stopów żelaza*. *Krzepnięcie Metali i Stopów*, Rocznik 1, Nr 39, PAN Katowice 1999.
- [7] Jezierski J., Jura S., *Wprowadzanie FeSi do ciekłego żeliwa metodą pneumatyczną*. *Krzepnięcie Metali i Stopów*, Rocznik 1, Nr 40, PAN Katowice 1999.
- [8] Jezierski J., Janerka K., Jura S., Piątkiewicz Z: *Parametry wdmuchiwania żelazostopów do ciekłych stopów żelaza*. *Krzepnięcie Metali i Stopów*, PAN Katowice, v. 1, z. 39, 1999, s. 129-134
- [9] Jezierski J., *Wdmuchiwanie dodatków stopowych do ciekłego żeliwa*. Rozprawa doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice 2002.
- [10] Pietrowski S.: *Analiza ekonomiczna nawęglania pneumatycznego ciekłego metalu w piecu łukowym*. *Archiwum Odlewnictwa*, Rok 2001, Rocznik 1, Nr 1 (1/2).
- [11] Szluczyk H, Janerka K, Niewiara W, Zajusz W., *Zastosowanie pneumatycznych urządzeń systemu POLKO w procesach metalurgicznych*. *Transport przemysłowy*, Nr 2(12), s. 38-39, Wyd. Lektorium, Wrocław, 2003.
- [12] Janerka K, Homa D, Jura S, Gawroński J, Jezierski J. Wskaźniki charakteryzujące proces pneumatycznego nawęglania, *Archiwum Odlewnictwa*, vol. 1, nr 1/2, 2001, s. 39-44.
- [13] Kokoszka J., Markowski J., Janerka K., Jezierski J., Homa D., Chmielorz W.: *Pneumatic cast iron carburizing in WSK "PZL-Rzeszów" S.A.*, *Krzepnięcie Metali i Stopów*, PAN Katowice, v.1, nr 41, 1999.

Praca realizowana w ramach projektu 4T08B03823.

POWDER INJECTION INTO LIQUID ALLOYS – A TOOL FOR QUALITY AND COSTS OF CASTS PRODUCTION DECREASING

SUMMARY

In the paper has been presented the benefits of pneumatic reagents introduction (carburizers, alloy additions) into liquid alloy in aspect of profitability of castings production and quality of the made materials. There have been shown the advantages of grain materials blowing in but the disadvantages and risks of its, caused various furnaces usage for various metallurgical process too.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Edward Guzik