ARCHIWUM ODLEWNICTWA

Rok 2001, Rocznik 1, Nr 1 (1/2)
Archives of Foundry
Year 2001, Volume 1, Book 1 (1/2)
PAN - Katowice PL ISSN 1642-5308

WSKAŹNIKI CHARAKTERYZUJĄCE PROCES PNEUMATYCZNEGO NAWĘGLANIA

K. JANERKA[1], D. HOMA[2] S. JURA[3], J. GAWROŃSKI[4], J. JEZIERSKI[5]
1,3,4,5 – Katedra Odlewnictwa Wydziału Mechanicznego Technologicznego
Politechniki Śląskiej
2 – Kooperacja POLKO, 43-195 Mikołów, ul. Rybnicka 75

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienia nawęglania ciekłych stopów żelaza metodą pneumatyczną w piecach elektrycznych łukowych. Omówiono stanowisko i urządzenia do realizacji tego procesu, oraz wskaźniki charakteryzujące tę metodę nawęglania.

Key words: carburization, powder, pneumatic injection

1. WPROWADZENIE

Wdmuchiwanie sproszkowanych materiałów do ciekłego metalu jest technologią znaną od wielu lat. Można w ten sposób prowadzić procesy metalurgiczne odsiarczania, odfosforowania, nawęglania, wprowadzania dodatków stopowych, pyłów z filtrów pieców oraz wdmuchiwania tworzyw sztucznych (do wielkiego pieca). Istota tej metody i jej niekwestionowane zalety polegają na tym, że rozdrobniony reagent zapewnia znacznie szybszy przebieg określonych reakcji. Z kolei hermetyczne układy transportu pneumatycznego powodują, że zostaje on wprowadzony w głąb ciekłego metalu eliminując w ten sposób pylenie i straty wdmuchiwanego proszku. Nie bez znaczenia jest również intensywne mieszanie ciekłego metalu przez gaz nośny (powietrze lub argon), co powoduje szybsze rozprowadzenie produktów reakcji w kąpieli metalowej.

[1] *Dr inż., janerka@zeus.polsl.gliwice.pl*
[2] *Dr inż., dyrektor Kooperacji POLKO, polko@polko.silesia.pl*
[3] *Prof. zw. dr hab.inż. sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl*
[4] *Prof. zw. dr.inż. sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl*
[5] *Mgr inż.georgeko@zeus.polsl.gliwice.pl*

Jednym z procesów, który znalazł szerokie zastosowanie w odlewniach jest nawęglanie ciekłego metalu metodą pneumatyczną [1, 2]. Umożliwia ona korektę węgla w ciekłym metalu w bardzo szerokim zakresie i krótkim czasie, co nie jest możliwe do osiągnięcia metodami tradycyjnymi. Pozwala to na zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie surówki ze wsadu metalowego w procesach topienia żeliwa. Ma to obecnie duże znaczenie, ze względu na wysoką cenę surówki i problemy z jej dostępnością.

Podsumowując, na podstawie wieloletnich doświadczeń należy stwierdzić, że metoda pneumatycznego nawęglania zapewnia:

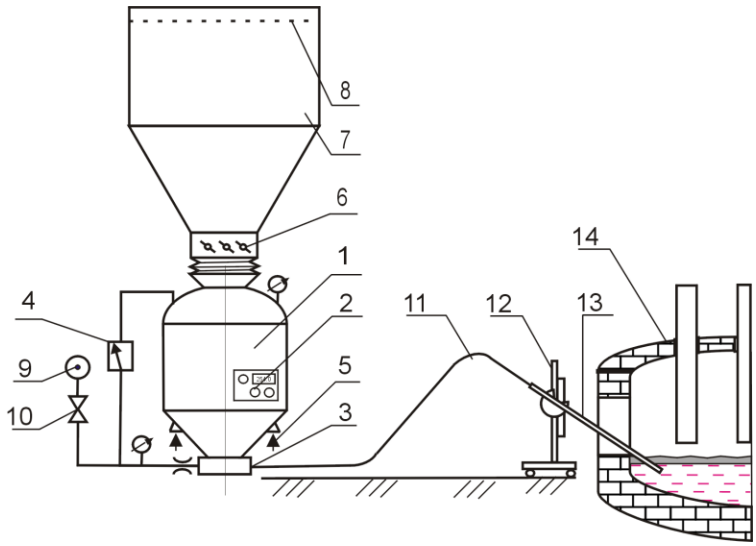
- uzyskanie dowolnej zawartości węgla w ciekłym metalu,
- duże efektywności wykorzystania nawęglacza oraz bardzo duże szybkości procesu,
- obniżenie kosztów wytopu poprzez zmniejszenie kosztów materiałów wsadowych i skrócenie czasu przebiegu procesu nawęglania.

2. STANOWISKA DO REALIZACJI PROCESU NAWĘGLANIA

Stanowisko do realizacji procesu nawęglania składa się z kilku układów(rys. 1). Głównym elementem jest zbiornik ciśnieniowy 1 o pojemności od 0,25 – 1,0 m^3 [3, 4, 5]. W górnej części zbiornik posiada zamknięcie dzwonowe, a u dołu komorę mieszania 3. Na zbiorniku zamontowano zawór odpowietrzający umożliwiający dekompresję zbiornika po zakończeniu każdego cyklu pracy. Ciśnienie powietrza doprowadzanego do zbiornika regulowane jest reduktorem 4. Zasilanie lub odcięcie dopływu powietrza umożliwia zawór główny 10. Wszystkie elektrozawory są uruchamiane z tablicy sterującej 2 zbiornika. Zbiornik posadowiony jest na wadze tensometrycznej 5, której wskazania są wyświetlane na tablicy sterującej 2. Waga w początkowym położeniu wskazuje masę materiału znajdującego się w zbiorniku (netto). W momencie rozpoczęcia cyklu transportu waga wskazuje ilość materiału, jaka została wprowadzona do ciekłego metalu. Wyłączenie transportu powoduje wyświetlenie masy pozostającej w urządzeniu. Jest to bardzo wygodne dla osób obsługujących urządzenie. Nawęglacz jest przemieszczany przewodem transportowym 11 zakończonym lancą 13 wprowadzaną do pieca łukowego 14. Lancę można umieścić na manipulatorze 12, umożliwiającym jej wprowadzanie do ciekłego metalu. Ułatwia to obsługę, eliminując wysiłek fizyczny, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo oraz gwarantując większą powtarzalność procesu.

Nad urządzeniem znajduje się zbiornik magazynowy 7 materiału nawęglającego o pojemności zapewniającej wsypanie całego big-baga lub większej. W górnej części zbiornika powinno być umieszczone sito 8, wychwytujące nadziarno i zanieczyszczenia znajdujące się w nawęglaczu. Dolną część zbiornika 7 stanowi zasuwa 6 (szczelinowa lub obrotowa), napędzana siłownikiem pneumatycznym i sterowana z tablicy 2. Pomiędzy zasuwą 6 a podajnikiem komorowym 1 konieczny jest montaż kompensatora eliminującego oddziaływania zbiornika magazynowego na układ ważący.

Materiał nawęglający dostarczany jest przez producentów najczęściej w big-bagach o pojemności 1 m^3 i rozładowywany do zbiornika magazynowego przy pomocy suwnicy.



Rys.1. Schemat stanowiska do nawęglania kąpieli metalowej.
Fig. 1. Scheme of a stand for a liquid metal recarburization

Układ urządzeń do realizacji procesu pneumatycznego nawęglania jest zależny od wielu czynników, a mianowicie:

– wielkości pieca, do którego wprowadzany jest nawęglacz.
  Podajnik komorowy musi posiadać pojemność zapewniającą przebieg co najmniej jednego cyklu nawęglania, bez konieczności jego uzupełniania. Z wielkością pieca związane jest również natężenie przepływu nawęglacza wynikające z cech geometrycznych rurociągu transportowego i lancy. Wydajność urządzenia powinna być dobrana tak, aby zapewnić maksymalne przyswojenie węgla przez ciekły metal przy jak najkrótszym przebiegu procesu.
– częstości stosowania urządzenia.
  Przy częstym prowadzeniu procesu (kilka razy na dobę) konieczne jest posadowienie nad podajnikiem komorowym zbiornika zapewniającego co najmniej dobowy zapas nawęglacza. Zbiornik taki może być załadowywany z big – bagów. Ułatwia to znacznie obsługę stanowiska i zapewnia ciągłość produkcji. Przesyp materiału ze zbiornika dobowego realizowany może być przez obsługę z pulpitu sterowniczego. Przy dużej ilości i częstotliwości dozowania nawęglacza należy wyposażyć urządzenie w manipulator lancy, który zapewni nie tylko powtarzalność procesu, ale

przede wszystkim ułatwi pracę obsłudze pieca, eliminując ręczne wprowadzanie i trzymanie lancy.

– stopień automatyzacji.
  Czynnik ten zależny jest przede wszystkim od wymagań odlewni. Pracujące obecnie urządzenia mogą być sterowane w układzie półautomatycznym (obsługa polega na sekwencyjnym wciskaniu przycisków na pulpicie sterowniczym podajnika, które poprzez elektrozawory otwierają lub zamykają odpowiednie urządzenia) lub automatycznym (wpisuje się z klawiatury zakładaną ilość nawęglacza, który ma być wprowadzony i wciska się przycisk „start”. Po podaniu porcji układ wyłącza się samoczynnie). Każde urządzenie powinno być posadowione na wadze, gdyż tylko wtedy można obserwować ilość dozowanego materiału.
– jakość gazu nośnego.
  W części zasilania układu sprężonym powietrzem w wielu przypadkach z uwagi na złą jakość sprężonego powietrza w sieci zakładowej zamontowany musi być odwadniacz i ewentualnie filtr powietrza, eliminujący zanieczyszczenia wodne i olejowe, wpływające na jakość metalu i bezpieczeństwo prowadzenia procesu.

4. WSKAŹNIKI PROCESU NAWĘGLANIA.

Skuteczność przebiegu procesu może być określona poprzez efektywność nawęglania (stopień wykorzystania węgla z nawęglacza) wyrażaną zależnością:

$$\eta_c = m_m \frac{\Delta C}{m_c \cdot C_x} \qquad [\%] \tag{1}$$

gdzie: m_m – masa metalu [kg], m_c – masa nawęglacza [kg], ΔC – przyrost węgla w ciekłym metalu [%], C_x – zawartość węgla w materiale nawęglającym [%]

Drugi ze wskaźników charakteryzujących ten proces to szybkość nawęglania określona zależnością:

$$S = \frac{\Delta C}{t} \qquad \left[\frac{\%}{s}\right] \tag{2}$$

gdzie: t – czas nawęglania [s]

Parametr ten jest wyrażany jako procentowy przyrost węgla w jednostce czasu. Takie ujęcie jest bardzo kłopotliwe i mało miarodajne przy porównywaniu uzyskanych wyników na różnych jednostkach piecowych. Dokonując obliczeń szybkości nawęglania w piecu o pojemności 3 Mg i 30 Mg, gdzie w ciągu 60 s uzyskano przyrost węgla o 0,2 %C, otrzymamy ten sam wynik (w piecu 30 Mg musimy wprowadzić 10 razy więcej naweglacza niż do pieca o pojemności 3 Mg). Stąd wydaje się celowym wprowadzenie szybkości nawęglania jako masowy przyrost węgla w jednostce czasu, co przedstawia zależność:

$$S_J = \frac{\Delta C \cdot m_m}{100 \cdot t} \qquad \frac{kg}{s} \tag{3}$$

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów wykonane na odlewniach, w których pracują urządzenia do pneumatycznego nawęglania kąpieli metalowej.

Tabela 1. Wskaźniki nawęglania ciekłego metalu.
Table 1. Indexes of liquid metal carburization

Lp.	m_m [kg]	t [s]	ΔC[%]	S[%/s]	S_J[kg/s]	η_c [%]
1	6900	80	0.20	0.002500	0.172	92.7
2	6100	290	1.22	0.004207	0.257	84.9
3	5600	212	1.20	0.005666	0.317	99.4
4	6400	51	0.10	0.001961	0.125	86.0
5	29000	65	0.33	0.005077	1.472	99.7
6	30400	120	0.41	0.003417	1.039	89.0
7	30800	80	0.32	0.004000	1.232	89.6
8	31000	85	0.31	0.003647	1.131	87.4
9	30580	55	0.30	0.005455	1.668	91.7
10	30800	115	0.72	0.006261	1.928	88.7

Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że duże znaczenie na uzyskiwane szybkości i efektywności procesu posiadają parametry strumienia dwufazowego. Te z kolei zależne są od rozwiązań konstrukcyjnych dozowników. Zastosowane urządzenia umożliwiają sterowanie natężeniem przepływu gazu w zakresie 0,03 - 0,20 kg/s. Jest to parametr mający bezpośredni wpływ (przy ustalonych wielkościach geometrycznych układu) na prędkość wylotową gazu i nawęglacza z lancy, a w konsekwencji na dynamikę strumienia. Muszą ono zapewniać równomierne przemieszczanie materiału nawęglającego i odpowiednią głębokość jego wnikania do ciekłego metalu oraz mieszanie.

Natężeniem przepływu materiału można sterować w zakresie m_{mn} = 0,10 – 2,0 kg/s. Mała wydajność urządzenia powoduje wzrost efektywności nawęglania, ale wydłuża czas wdmuchiwania i zwiększa spadek temperatury ciekłego metalu. Duża wartość tego parametru sprawia, że część nawęglacza nie zostanie przyswojona przez ciekły metal i wypłynie na powierzchnię. Jest więc to również istotny parametr realizowanego procesu. Oczywiście wartość tych dwóch parametrów zależy także od wielkości jednostki piecowej i geometrii rurociągu transportowego.

Kolejne czynniki z tej „grupy" mające wpływ na przyswojenie węgla to powtarzalność wprowadzania nawęglacza oraz stabilna praca urządzenia. Istotny wpływ na efektywność nawęglania posiada także jakość materiału nawęglającego, a szczególnie zawartość węgla i popiołu, wielkość ziaren oraz jego jednorodność. Nie ulega wątpliwości, że materiały te powinny być drobnoziarniste oraz posiadać zawartość węgla powyżej 95 %. Potwierdziły to eksperymenty przeprowadzone na kilku nawęglaczach i wykazały, iż dla podobnych parametrów pneumatycznego przemieszczania i ciekłego metalu, efektywność może się zmieniać w zakresie od kilku do kilkunastu procent.

Drugim istotnym wskaźnikiem charakteryzującym pneumatyczne nawęglanie jest szybkość przebiegu procesu. W porównaniu z metodami tradycyjnymi jest ona wyższa kilkadziesiąt razy. Dla porównania można podać, że przyrost węgla w granicach 0,5% na piecu o pojemności 30 Mg można uzyskać w ciągu 2-3 minut. W metodzie tradycyjnej uzyskanie takiego efektu jest możliwe po czasie co najmniej 1 godziny, co wiąże się z wydłużeniem czasu wytopu i kosztów produkcji.

LITERATURA

[1] Janerka K, Piątkiewicz Z, Jura S, Szlumczyk H,: Wdmuchiwanie nawęglacza do ciekłych stopów żelaza w piecach elektrycznych łukowych, International Conference Modern Foundry Technologies-Environmental Protection, Wydz. Odlewnictwa AGH Kraków, STOP Kraków, 1995.

[2] Janerka K, Piątkiewicz Z, Jura S, Szlumczyk H,: Wskaźniki nawęglania ciekłych stopów żelaza w funkcji parametrów strumienia dwufazowego. Międzynarodowa Konferencja Krzepnięcie Metali i Stopów, PAN Katowice, z nr 24, 1995,

[3] Kanafek M, Homa D, Janerka K.: Nawęglanie żeliwa w Odlewni TEKSID Poland S. A. za pomocą urządzenia pneumatycznego POLKO, Przegląd Odlewnictwa, 1999, nr 7

[4] Kokoszka J., Markowski J., Janerka K., Jezierski J., Homa D., Chmielorz W.: Pmeumatyczne nawęglanie żeliwa w warunkach WSK "PZL - RZESZÓW" S.A., Krzepnięcie Metali i Stopów, PAN Katowice, v.1, nr 41, 1999, s. 53-58

[5] Janerka K., Jura S., Szlumczyk H., Jezierski J., Homa D.: Urządzenia do nawęglania kąpieli metalowej w piecach łukowych, Krzepniecie Metali i Stopów, PAN Katowice, v.1, nr 39, 1999, s. 113-120

INDEXES CHARACTERIZED OF PNEUMATIC CARBURIZATION PROCES

SUMMARY

The article presents the issue of carburization of liquid alloys by the pneumatic method in electric arc furnaces. There are presented the stand and installation for this process and the factors characterized this carburization method.

Recenzował prof. dr hab. inż. Adam Gierek