

KRZYSZTOF JANERKA^{*}, STANISŁAW JURA^{**}
ZBIGNIEW PIĄTKIEWICZ^{***}, HENRYK SZLUMCZYK^{****}

PNEUMATYCZNE NAWĘGLANIE CIEKŁYCH STOPÓW ŻELAZA

Uwarunkowania ekonomiczne i zwiększony popyt na żeliwa sferoidalne powoduje konieczność zmiany profilu produkcji lub jego rozszerzenia w wielu odlewniach. Jednym z czynników hamujących tę zmianę jest brak szybkiej i skutecznej metody nawęglania kąpieli metalowej. W Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w ostatnich latach prowadzono przemysłowe eksperymenty nawęglania ciekłego metalu poprzez wdmuchiwanie sproszkowanego grafitu.

1. WPROWADZENIE

Czy uzyskanie odpowiedniej zawartości węgla w ciekłych stopach żelaza jest problemem? W większości odlewni okazuje się że tak. Powodem tego wydają się być dwa czynniki: profil i koszty produkcji. Jeszcze kilka lat temu gro odlewanych stopów stanowiło żeliwo szare. Obecnie z roku na rok zwiększa się popyt na żeliwo sferoidalne, które wymaga zawartości węgla w granicach 3,8%C. Ten z pozoru niewielki deficyt (0,4 - 0,5%C) stanowi w wielu przypadkach o podjęciu lub zaniechaniu przez daną odlewnię produkcji nowego asortymentu. Drugi równie ważny czynnik to koszty produkcji. Nie ulega wątpliwości, że zmniejszony popyt od podaży wymusza na krajowym rynku odlewniczym dużą konkurencję (nie zawsze uczciwą). Dla odbiorcy istotne są: jakość odlewów i ich koszt. Dostyc znaczący składnik kosztów to surówka, której cena ciągle rośnie. Zwiększenie jej ilości we wsadzie dla uzyskania odpowiedniej zawartości węgla podnosi koszty. Wyjście z tej pozoru patowej sytuacji jest bardzo proste. Należy zastosować metodę umożliwiającą szybką korektę węgla, a mianowicie pneumatyczne wprowadzanie grafitu do ciekłego metalu. Urządzenia takie zastosowano już w kilku znaczących na krajowym rynku odlewniach. Stosując tę metodę można łatwo uzyskać żeliwo o wysokiej zawartości węgla oraz sterować zawartością węgla w procesie wytapiania staliwa.

^{*} dr inż. - Katedra Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach
^{**} prof.dr hab.inż. - Katedra Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach
^{***} prof.dr inż. - Katedra Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach
^{****} dr inż. - Katedra Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach

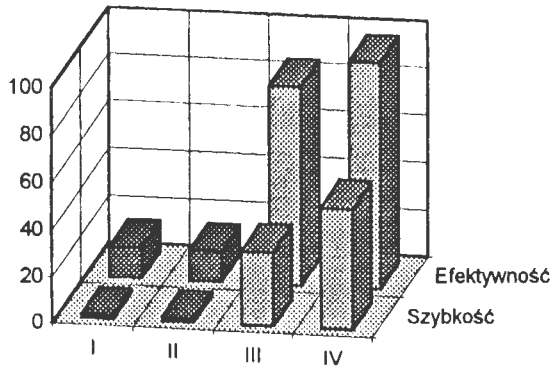
2. TRADYCYJNE METODY DOWĘGLANIA

Najprostszym sposobem uzyskania odpowiedniej zawartości węgla w ciekłym metalu jest zastosowanie wsadu składającego się w zasadniczej części z surówki. Jest to jednak metoda bardzo droga. Zmniejszenie procentowego udziału surówki we wsadzie wiąże się z koniecznością dowęglania kąpieli metalowej. W żeliwiakach można dodawać rozdrobniony nawęglacz na rynnę spustową lub na dno kadzi. Ze względu na niską temperaturę ciekłego metalu (w kraju jest niewiele żeliwiaków z dmuchem wzbogaconym w tlen) uzyskiwane przyrosty węgla wahają się w granicach 0,1 - 0,2%C. W nieco lepszej sytuacji są odlewnie dysponujące piecami elektrycznymi lukowymi. Tu proces nawęglania może odbywać się w trzech etapach: dodanie nawęglacza do wsadu, narzucanie na powierzchnię ciekłego metalu i mieszanie kąpieli oraz dodanie na rynnę spustową lub dno kadzi. Największy stopień wykorzystania węgla uzyskuje się w etapie I. Wynosi on max. 45%. W pozostałych etapach można uzyskać efektywność nawęglania w zakresie 10 - 30%. Ale pojawiają się tutaj dwa problemy, a mianowicie kosztu produkcji i malej powtarzalności uzyskanych wyników nawęglania. Wyższe wskaźniki procesu (efektywność do 45%) można osiągnąć stosując wyższą temperaturę ciekłego metalu, mieszając intensywnie kapiel i wydłużając czas wytopu, co w znaczącej mierze podnosi koszty jednostkowe wytapianego stopu. Nieco lepsze wskaźniki procesu nawęglania można uzyskać w piecach elektrycznych indukcyjnych. Intensywny ruch ciekłego metalu i stosunkowo duża powierzchnia styku nawęglacz-ciekły metal umożliwiają otrzymanie stopnia wykorzystania węgla w granicach 50%. Mała powtarzalność przedstawionych powyżej metod nawęglania nie gwarantuje uzyskania założonego składu chemicznego wytapianego stopu. Tym bardziej, że asortyment gatunkowy produkowanego w każdej odlewni żeliwa jest bardzo szeroki.

3. PNEUMATYCZNE WDMUCHIWANIE NAWĘGLACZA DO KĄPIELI METALOWEJ

Istota metody polega na wprowadzaniu materiału grafitowego w strumieniu gazu nośnego włąb kąpieli metalowej. Uzyskuje się przez to bardzo dużą powierzchnię kontaktu nawęglacz-ciekły metal. W wyniku bardzo dużej różnicy stężeń węgla w graficie i kąpieli metalowej następuje intensywny proces wymiany masy. W efekcie tego uzyskuje się bardzo duże szybkości i efektywności nawęglania. Na rys.1. przedstawiono te wskaźniki uzyskane: metodą narzucania kawałków elektrod grafitowych na powierzchnię kąpieli metalowej w piecu elektrycznym lukowym oraz metodą wdmuchiwania sproszkowanego grafitu. Przeprowadzone wytopy przemysłowe potwierdziły możliwość uzyskania kilkukrotnego wzrostu szybkości i stopnia wykorzystania węgla. Są to wyniki nieosiągalne metodami tradycyjnymi.

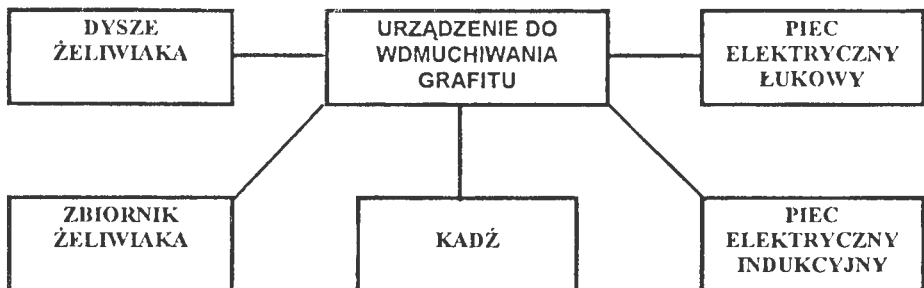
Szybkość i efektywność nawęglania dla metody tradycyjnej i wdmuchiwania



I, II - metoda tradycyjna; III, IV - wdmuchiwanie nawęglacza

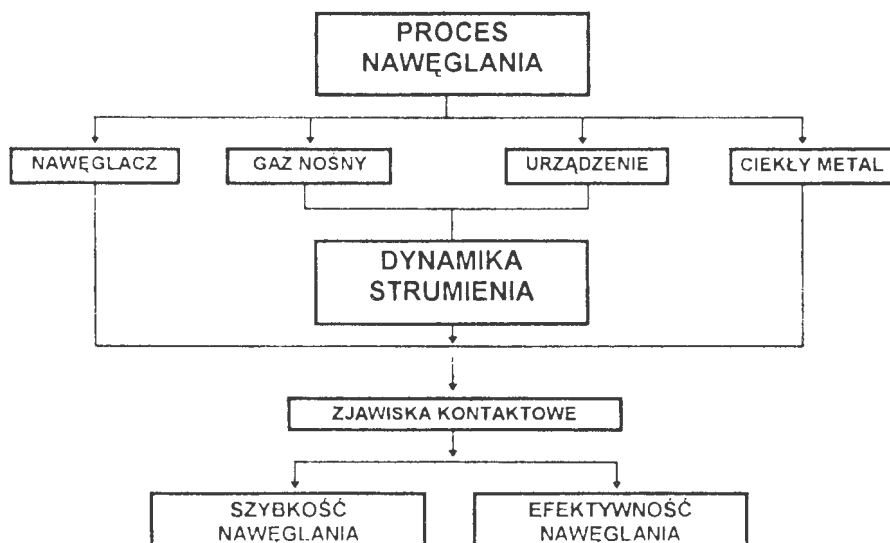
Rys. 1. Szybkość i efektywność nawęglania w metodzie tradycyjnej i wdmuchiwania grafitu.
Fig. 1. Velocity and effectiveness of carburizing in traditional method and injection graphite method

W aplikacjach przemysłowych ważne jest również to, że proces wdmuchiwania może być prowadzony zarówno w żeliwiakach jak i piecach lukowych. Na rys.2 pokazano przykładowe miejsca wdmuchiwania grafitu.



Rys. 2. Miejsca wprowadzania nawęglacza
Fig. 2. Position of carbonizer introduction

Analizując proces wprowadzania sproszkowanych materiałów w strudze gazu nośnego można w nim wyróżnić kilka podstawowych elementów. Należą do nich: sproszkowany reagent, gaz nośny, układ dozowania i sterowania, układ transportu, konstrukcja i sposób wprowadzania lancy, właściwości ciekłego metalu, zjawiska zachodzące przy wprowadzaniu mieszanki gazowo-sproszkowej do kąpieli metalowej. Każdy z nich posiada kilka cech lub własności charakterystycznych. Na rys. 3 dokonano zestawienia podstawowych czynników charakteryzujących proces wdmuchiwania proszków [1].



Rys. 3. Przebieg procesu wdmuchiwania proszków
Fig. 3. The course of powder injection process

4. URZĄDZENIA

Rozwiązania funkcjonalne podajników (dozowników). Podajnik komorowy jest jednym z najważniejszych elementów układu urządzeń do wdmuchiwania proszków. Zastosowane w nim rozwiązania decydują o możliwościach jego pracy i osiąganych parametrach na wylocie lancy. Dozowniki można podzielić na dwie grupy: grawitacyjne i ciśnieniowe. Podajniki grawitacyjne pracują na zasadzie swobodnego zsypania proszku. Materiał namiarowany dozownikami mechanicznymi sektorowymi, celkowymi lub ślimakowymi jest wprowadzany do rurociągu i transportowany przez strumień gazu nośnego. Układy tego typu są mniej wykorzystywane w procesie wdmuchiwania proszków ze względu na nieszczelność dozowników przy zwiększonym nade ciśnieniu na wylocie z lancy (hydrostatycznym). W podajnikach ciśnieniowych wprowadzanie materiału do rurociągu transportowego jest intensyfikowane działającym ciśnieniem gazu w części górnej podajnika.

Rozwiązania tego typu są stosowane dla układów przemieszczania materiału na większe odległości i przy lancach zanurzonych w ciekłym metalu.

Parametry pracy urządzeń. Do podstawowych wielkości opisujących pracę urządzeń do wdmuchiwania sproszkowanych materiałów należą wydatek materiału i gazu nośnego. Z uwagi na zastosowanie tej metody do różnych procesów metalurgicznych, zmiennych średnic lanc i wielkości pieców lub kadzi, nie można globalnie wskazać optymalnych parametrów pracy urządzeń. Ważnym czynnikiem wpływającym na nie jest wymagana ilość dodatku, który ma być wprowadzony jak również dysponowany czas, obciążony spadkiem temperatury ciekłego metalu.

5. GAZ NOŚNY

W procesach wdmuchiwania sproszkowanych materiałów w strumieniu gazu nośnego najczęściej stosuje się argon i powietrze. Przy obróbce ciekłego żeliwa i surówki używane jest sprężone powietrze. Ważnym zagadnieniem w przypadku wykorzystywania powietrza jako nośnika jest maksymalne wytrącenie wody. Dlatego w układach zasilających konieczne jest stosowanie odwadniaczy i filtrów. Eksperymenty przemysłowe nawęglania stopów żelaza prowadzono z wykorzystaniem powietrza jako gazu nośnego i nie stwierdzono pogorszenia własności tych stopów. Za jego stosowaniem przemawiają względy ekonomiczne, gdyż jest to najtańszy z nośników.

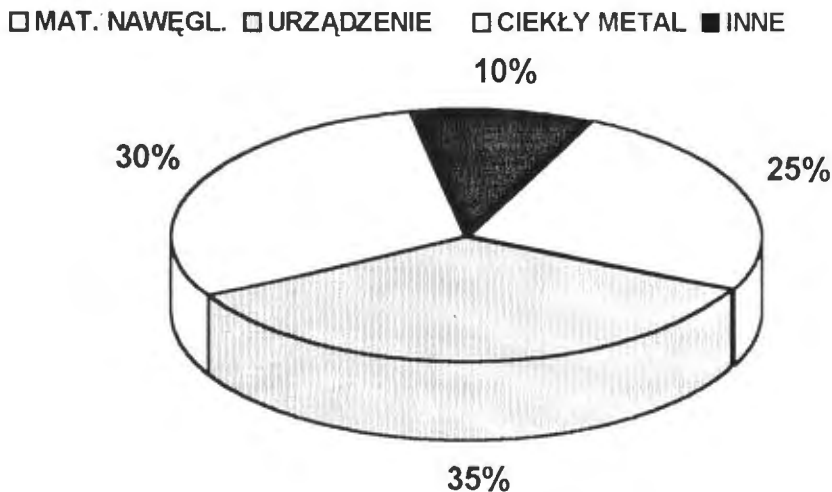
6. MATERIAL NAWĘGLAJĄCY

Teoretycznie najkorzystniejsze są materiały jednorodne o maksymalnym rozdrobnieniu. Praktycznie wielkość cząstek waha się w granicach od 0,01 do 1 mm. Materiały proszkowe charakteryzują się takimi właściwościami fizykochemicznymi jak: temperatura topienia, nasycenie gazami, rozpuszczalność w ciekłym metalu. Dla procesów metalurgicznych są one naistotniejsze. Dla potrzeb projektowania urządzeń oraz określania parametrów procesu wdmuchiwania konieczna jest znajomość gęstości właściwej, gęstości usypowej i stopnia fluidyzacji stosowanych materiałów proszkowych. W procesie nawęglania kapeleli metalowej stosowane są następujące materiały: grafit, karburek grafitowy, mączka grafitowa.

6. PODSUMOWANIE

Nawęglanie ciekłych stopów żelaza metodą wdmuchiwania sproszkowanego materiału w strumieniu gazu nośnego pozwala znacznie zintensyfikować ten proces. Przeprowadzone eksperymenty wykazały możliwość uzyskania kilkukrotnego wzrostu efektywności i szybkości nawęglania w porównaniu z metodą tradycyjną. Wzbudza

ona coraz szersze zainteresowanie ze strony przemysłu. Obecne stanowiska do nawęglania kąpieli metalowej w piecach elektrycznych lukowych pracują w wielu odlewniach. Stosowanie tej metody nie wzbudza wątpliwości zarówno pod względem skuteczności jak również ekonomiki. W wielu przypadkach konieczne jest zerwanie ze stereotypowym myśleniem negującym wszystko co nowe. Biorąc również pod uwagę możliwości zastosowania tych samych urządzeń do prowadzenia procesu podwyższenia jakości ciekłego metalu (odsiarczanie, odfosforowanie) należy przypuszczać, że ich powszechność na odlewniach jest kwestią najbliższej przyszłości. Wprowadzając tą metodę należy uwzględnić wymienione wcześniej czynniki. Ich znajomość pozwala na uzyskanie wysokich wskaźników procesu (rys.4).



Rys. 4. Wpływ wybranych czynników na efektywność nawęglania kąpieli metalowej
Fig.4. Influence of selected components on the effectireness of liquid metal carburizing

Można z niego zauważyć, że urządzenie (parametry pracy) i materiał nawęglający w decydującym stopniu wpływają na efektywność procesu. Dobór tych dwóch czynników zależy przede wszystkim od użytkownika. Również duże znaczenie posiada ciekły metal do którego wprowadzany jest nawęglacz (początkowa i końcowa zawartość węgla, temperatura kąpieli metalowej). W tym przypadku ingerencja zewnętrzna jest nieco mniejsza, ze względu na realia technologiczne (konieczność nawęglania stopu o zawartości C_p i zawartość końcowa C_k wynikająca ze składu chemicznego). Pozostałe czynniki (10%) decydujące o skuteczności procesu to min. odpowiednie przygotowanie, zanurzenie i ustawienie lancy w kąpieli metalowej, wypalanie węgla itp. W przypadku przemysłowego zastosowania tej metody należy dążyć do maksymalizacji wskaźników procesu nawęglania. Jest to możliwe tylko przy znajomości oddziaływania poszczególnych czynników na efektywność nawęglania.

Proces pneumatycznego nawęglania ciekłego metalu ma na celu obniżenie kosztów produkcji oraz szybką i pewną korektę węgla w stopie. Największe korzyści ekonomiczne uzyskuje się w odlewniach w których we wsadzie stosowana jest surówka. Można zastąpić ją złomem stalowym. W tym przypadku konieczne jest dodanie materiału grafitowego dla uzupełnienia węgla. Przy wprowadzeniu 10 ton złomu stalowego do wsadu w miejsce surówki konieczne jest dodanie około 480 kg materiału grafitowego. Zakładając cenę surówki odlewniczej w granicach 425,00 zł za tonę, a złomu stalowego 200,00 zł/t można uzyskać nadwyżkę 2250 zł na 10 tonach. Do tego należy doliczyć koszt nawęglacza (max 700,00 zł), energii elektrycznej na podgrzanie ciekłego metalu oraz koszty eksploatacyjne związane z wymianą i przygotowaniem lanc. Wdmuchiwanie bowiem powoduje spadek temperatury ciekłego metalu, zależny od wielkości pieca i parametrów pneumatycznego wprowadzania. Można więc zaoszczędzić na 10 t min. 1000,00 zł, co stanowi znaczącą kwotę przy dużej produkcji. W przypadku zastosowania do nawęglania mielonego złomu elektrod grafitowych (w odlewniach wyposażonych w piece elektryczne lukowe), zysk ten znacznie wzrośnie.

Proces ten oprócz wymiaru technologicznego i ekonomicznego posiada mało uwzględniany czynnik ludzki. Pozwala on na zmniejszenie uciążliwości pracy wytopiaczy. Wprowadzanie dużych ilości sproszkowanych materiałów w strudze gazu nośnego eliminuje ciężką pracę fizyczną a zastosowanie automatyzacji urządzeń i manipulatorów lanc ogranicza obsługę urządzenia do jednej osoby.

LITERATURA

- [1]. Janerka K, Jura S, Piątkiewicz Z, Szluczyk H. "Urządzenia do wdmuchiwania proszków do pieców metalurgicznych". Przegląd Odlewnictwa, nr 6, 1993.
- [2]. Janerka K, Jura S, Piątkiewicz Z, Szluczyk H. "Review of injection carburizing plants for liquid metal treatment in arc furnaces". II-nd Int. Scient. Conf. Achievements in Mechanical and Material Engineering, ZN PAN Gliwice, 1993.
- [3]. Janerka K. „Nawęglanie ciekłych stopów żelaza za pomocą urządzeń pneumatycznych”, Praca doktorska, Gliwice 1995.

Krzysztof Janerka
Stanisław Jura
Zbigniew Piątkiewicz
Henryk Szluczyk

Pneumatic carburization of liquid metal

Summary

Economic conditions and increased sales of ductile and alloy cast irons necessitate the change of the range of production or its broadening in many foundries. One of the factors obstructing such a change is the lack of quick and efficient method of carburizing metal bath. In the Foundry Chair of the Silesian Technical University industrial experiments with carburizing liquid metals by means of injection of powdered graphite have been carried out recently.