

Wytwarzanie żeliwa syntetycznego w aspekcie mniejszej uciążliwości dla środowiska

K. Janerka ^{a*}, J. Szajnar^a, D. Bartocha^a, J. Jezierski^a

^a Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

*Kontakt korespondencyjny: e-mail: krzysztof.janerka@polsl.pl

Otrzymano 20.05.2010; zaakceptowano do druku 05.06.2010

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia produkcji żeliwa syntetycznego, wytwarzanego na bazie złomu stalowego. Wprowadzenie większej ilości złomu stalowego jako surowca wtórnego do wytopu jest niewątpliwie korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska. Zmniejszenie udziału lub eliminacja surowca ze wsadu pozwala również na ograniczenie emisji zanieczyszczeń, które powstają przy jej produkcji. Problemem przy wytwarzaniu żeliwa syntetycznego jest uzyskanie odpowiedniej zawartości węgla w żeliwie. Dlatego w artykule przedstawiono metody nawęglania i materiały nawęglające stosowane w odlewnictwie. Analiza obejmuje również zagadnienia emisji zanieczyszczeń przy produkcji surowki, koksu wielkopiecowego i nawęglaczy.

Słowa kluczowe: Żeliwo syntetyczne, Ochrona środowiska, Nawęglanie, Metody nawęglania

1. Wprowadzenie

Proces wytwarzania odlewów związany jest nierozdzielnie z emisją zanieczyszczeń do środowiska. Dotyczy to powietrza, wody, gleby i hałasu. Do powietrza kierowane są spaliny z pieców, w których paliwem jest koks, zanieczyszczenia powstające podczas wytapiania metalu w piecach elektrycznych oraz pyły. Ilość tych zanieczyszczeń może być ograniczana przez zastosowanie nowoczesnych filtrów o wysokiej sprawności, ale zwiększa się wtedy ilość pyłów przeznaczonych na wysypiska. Zanieczyszczenia wody związane są z otwartymi układami chłodzenia pieców do wytapiania. Na składowiska wywożone są pyły z różnych etapów produkcji (odpylania masy formierskiej w procesie jej wytwarzania, odpylania pieców, odpylania oczyszczarek i oczyszczalni) oraz żużel. Ten ostatni poddany procesowi

granulacji może być wykorzystany do budowy dróg. Natomiast pyły z odpylania pieców coraz częściej poddaje się nawrotowi do pieca, przez co zmniejsza się ich ilość, a zwiększa stopień wykorzystania zawartych w nich pierwiastków – głównie żelaza. Kierunki działań mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń w odlewni zostały szczegółowo omówione w opracowaniu wykonanym przez zespół kierowany przez M. Holtzera [1].

Nie mniej ważne dla ochrony środowiska są działania, które w sposób pośredni wpływają na emisję zanieczyszczeń. Dotyczy to np. zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, wytwarzanej w elektrowniach, w których paliwem jest węgiel. Przedsięwzięcia te mogą również obejmować zmiany składników wsadu metalowego w procesie produkcji żeliwa, w którym w miejsce surowki wprowadza się złom stalowy. Proces produkcji surowki generuje znaczne ilości odpadów i jest energochłonny. Większe

wykorzystanie złomu stalowego, który jest surowcem wtórnym można rozpatrywać w aspekcie ekologicznym i ekonomicznym. Cena złomu stalowego w zależności od światowej koniunktury jest trzykrotnie niższa od surowki odlewniczej.

Czynniki te powodują, że coraz więcej odlewni realizuje proces wytapiania żeliwa przy zwiększonej ilości złomu stalowego.

2. Materiały wsadowe

Jak już wcześniej wspomniano w procesie wytwarzania żeliwa można stosować surowkę (żeliwo tradycyjne). Surowka jest najważniejszym składnikiem wsadowym. Jej udział może dochodzić do 75% masy całego wsadu. Jest to przeważnie produkt wielkiego pieca, zawierający 3,5-4,5%C. Rozróżnia się dwa rodzaje surowek: surowkę przeróbczą i odlewniczą dostarczaną do odlewni w postaci gąsek. W grupie surowek odlewniczych wyróżnia się kilka gatunków: hematytową, półhematytową, zwyczajną, fosforową lub specjalną na żeliwo sferoidalne. Można również prowadzić wytop bez udziału surowki (żeliwo syntetyczne). W tym przypadku konieczne jest jednak skompensowanie deficytu węgla, jaki powstaje w wyniku usunięcia ze wsadu surowki i zastąpienia jej złomem stalowym. Przykładowy skład chemiczny surowek stosowanych w odlewnictwie przedstawiono w tab. 1 [2,3], a skład złomu stalowego w tab. 2.

Tabela 1.
Skład chemiczny surowek stosowanych w odlewnictwie [2,3]

Produkt	Si	Mn	P	C	S
	%	% max	% max	%	% max
Hematytowa surowka odlewnicza	1,5-2,0	0,4-1,0	0,10	3,5-4,5	0,04
	2,0-2,5	0,4-1,0	0,10	3,5-4,5	0,04
	2,5-3,0	0,4-1,0	0,10	3,5-4,5	0,04
Surówka specjalna	3,0-3,5	0,4-1,0	0,10	3,5-4,5	0,04
	0,20	0,05	0,04	4-4,5	0,012
	0,80	0,05	0,04	4-4,5	0,012
Surówka przeróbcza	1,0	0,10	0,07	3,5-4,5	0,02
	0,9	0,4	0,12	3,5-4,5	0,04
	0,3-1,6	0,3-0,9	0,20	3,3-4,8	0,06

Tabela 2.
Przykładowe składy chemiczne złomu stalowego

Skład chemiczny	C	Si	Mn	P	S
	%	%	%	%	%
	0,20	0,18	0,60	0,03	0,02
Złom stalowy	0,05-0,1	0,05	0,25-0,5	0,04	0,05
	0,2	0,3	1,1	0,03	0,03

Porównanie zawartości zanieczyszczeń, jakimi są siarka i fosfor dowodzi, że wytapianie żeliwa na bazie złomu stalowego zapewnia bardzo małe zawartości tych zanieczyszczeń w żeliwie. Oznacza to, że w przypadku żeliwa szarego zastąpienie surowki złomem stalowym zapewnia uzyskanie materiału o większej czystości. Pewne problemy pojawiają się jednak przy wytapianiu ferrytycznego żeliwa sferoidalnego, które powinno zawierać jak najmniejszą ilość manganu. Do wytopu tego stopu stosuje się surowki specjalne, zawierające poniżej 0,05% Mn. Zazwyczaj w stalach pierwiastek ten występuje w znacznie większej ilości

(nawet do 1,0% Mn). Rozwiązaniem tego problemu może być stosowanie złomu z blach głębokołocznymi, w których zawartość manganu nie przekracza 0,35%. Zapewnienie wysokiej jakości produkcji w odlewni związane jest więc ze stosowaniem sortowanego złomu stalowego o odpowiednim składzie chemicznym i postaci. Postać obejmuje zarówno wymiary, jak też stopień rozwinięcia powierzchni, czyli powierzchnię właściwą kawałków. Piece do wytapiania metalu mają ograniczenia związane z maksymalną średnicą szybu, tygla lub trzonu. Wobec tego kawałki złomu nie mogą być zbyt duże, bo nie można ich będzie wprowadzić do żeliwiaka, pieca indukcyjnego, a w przypadku pieców łukowych kawałki takie mogą powodować łamanie elektrod w początkowym okresie wytapiania. Rozmiary kawałków mają też znaczenie przy rozważaniu problemu ich nagrzewania i topienia w żeliwiaku oraz piecu indukcyjnym; w tym ostatnim dochodzą problemy z głębokością wnikania prądu indukowanego w kawałkach wsadu. Zbyt drobny złom z uwagi na dużą powierzchnię właściwą jest bardziej podatny na utlenianie z czym związane jest powstawanie większej ilości żużla. Dlatego drobny złom i wióry powinny być prasowane w kostki.

Wytapianie żeliwa wyłącznie w oparciu o złom stalowy wymusza konieczność uzupełniania węgla o ponad 3%. W tym przypadku należy wprowadzić 3,8-5% nawęglacza w odniesieniu do wsadu metalowego. Ilość ta jest zależna od rodzaju nawęglacza i przyjętej metody nawęglania. Przykładowe nawęglacze stosowane w odlewnictwie przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3.
Skład chemiczny nawęglaczy stosowanych w odlewnictwie [4]

Skład chemiczny	C	S	Części lotne %	Popiół %	Wilgotność %
Grafit naturalny	85,00	0,08	3,00	11,00	2,00
	92,00	0,30	2,00	8,00	1,00
Antracyt	94,60	0,10	0,88	4,47	0,10
	95,75	0,16	0,77	3,55	-
Grafit syntetyczny	99,00	0,03	0,2	0,8	0,5
	99,35	0,015	0,08	0,57	0,09
	99,35	0,040	0,25	-	-
Koks naftowy	98,00	0,50	0,70	0,65	0,50
	98,00	0,60	1,00	0,60	0,50
	99,25	0,82	0,27	0,48	0,10
	99,31	0,82	0,21	0,48	0,12

Grafit naturalny jest kopaliną występującą w postaci rud o zawartości od 72-80% węgla. Jego naturalny kolor to: czarny błyszczący lub stalowy błyszczący. W zależności od ilości i rodzaju zanieczyszczeń zawartych w nim grafit naturalny otrzymuje się drogą odpowiedniego wzbogacania. Może to być realizowane przez sortowanie w strumieniu powietrza i flotację [5].

Antracyt jest to produkt wysokiego uwęglenia substancji roślinnych, które zawierają 92-97% węgla pierwiastkowego, charakteryzuje się smolisto czarnym połyskiem, dużą wytrzymałością mechaniczną, jak i niską zawartością części lotnych wynoszących 3-8%.

Grafitem syntetycznym, określa się grafit powstały w czasie obróbki wysokotemperaturowej (grafityzacji) koksu (naftowego, węglowego, pakowego) i antracytu. Własności grafitu syntetycznego i stopień uporządkowania struktury są zależne od materiału wejściowego jak i temperatury obróbki końcowej [5].

Koks naftowy jest to stały produkt węglowy powstający podczas obróbki termicznej pozostałości z destylacji ropy naftowej. Surowcem wyjściowym w procesie koksowania są ciężkie pozostałości pochodzące z różnych etapów i różnych metod przeróbki ropy naftowej [5].

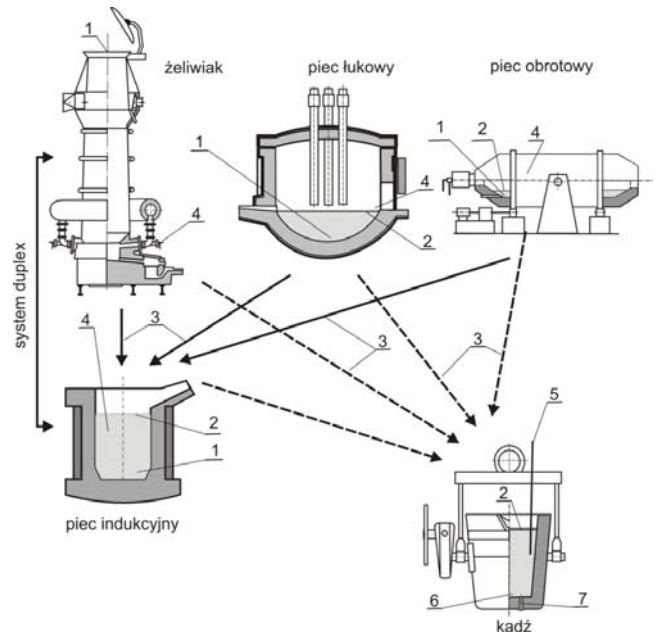
Oferowane dla odlewnictwa nawęglacze są najczęściej poddawane procesowi kalcynacji. Kalcynacja polega na obróbce cieplnej surowców bez dostępu powietrza w temperaturze przeważnie do 1300°C. Celem podstawowym tego procesu jest zagęszczenie struktury kalcynowanych surowców. Kalcynację surowców prowadzi się w piecach retortowych, obrotowych, kalcynatorach z trzonem obrotowym i w piecach elektrycznych. Wybór metody zależy od rodzaju kalcynowanego surowca i miejsca kalcynacji. Kalcynacji poddaje się surowce stałe: wszystkie rodzaje koksu, antracyt a niekiedy również odpady elektrodowe [5]. Przebudowa struktury podczas kalcynacji powoduje zmianę własności fizykochemicznych surowców, a mianowicie zwiększenie gęstości i obniżenie zawartości części lotnych. W temperaturze około 200°C następuje szybki wzrost wydzielania części lotnych, który jest proporcjonalny do temperatury. Szybkość wzrostu dla antracytu jest mniejsza niż dla koksu naftowego. Odgazowanie osiąga maksimum w temperaturze ok. 700°C dla antracytu a dla koksu naftowego 600°C.

Na podstawie zawartości węgla w żeliwie szarym, złomie stalowym, surowce i nawęglaczu można przeprowadzić obliczenia poszczególnych składników wsadowych. Dla osiągnięcia zawartości 3,2%C w żeliwie, przy wytapianiu wyłącznie na bazie surowki należy wprowadzić 74% surowki i 26% złomu stalowego. Przy 100% udziale złomu stalowego we wsadzie, dla osiągnięcia zawartości węgla 3,2% należy wprowadzić 4,2% nawęglacza. Oczywiście proporcje te mogą ulec zmianie przy wprowadzeniu do wsadu złomu obiegowego.

3. Metody wprowadzania nawęglacza

Czas i skuteczność przebiegu procesu nawęglania są uzależnione od sposobu i miejsca wprowadzania do niego nawęglacza. Wprowadzanie materiału nawęglającego może być realizowane poprzez dodawanie go do stałego wsadu, narzucanie na powierzchnię ciekłego metalu, sypanie na strugę metalu czy też na dno kadzi, wprowadzanie nawęglacza w strumieniu gazu nośnego lub w postaci drutu rdzeniowego (przewodu elastycznego) (rys. 1).

Nawęglanie metalu nawęglaczem dodawanym do stałego wsadu. Metoda ta polega na topieniu stałego wsadu metalowego razem z nawęglaczem. Może być stosowana w piecach elektrycznych indukcyjnych, łukowych, bębnowych oraz w żeliwiakach. Metoda ta nie wymaga dodatkowych nakładów na urządzenia do dozowania nawęglacza. Stopień wykorzystania węgla przy wprowadzaniu nawęglacza do stałego wsadu w piecach indukcyjnych zmieniła się w zakresie 70-90% [7,8].



Rys. 1. Miejsca i metody wprowadzania nawęglacza:

- 1-wprowadzanie do stałego wsadu, 2-wprowadzanie na powierzchnię ciekłego metalu, 3-wprowadzanie na rynnę spustową, 4-pneumatyczne wprowadzanie nawęglacza, 5-wprowadzanie nawęglacza w postaci drutów rdzeniowych, 6-wprowadzanie nawęglacza na dno kadzi, 7-metoda Gazal [6]

Najniższy stopień przyswojenia węgla uzyskuje się dla grafitu naturalnego. Dla grafitu syntetycznego, koksu naftowego i antracytu sprawność nawęglania jest bardzo wysoka i wynosi 80-90%. Należy jednak zaznaczyć, że antracyty rozpuszczają się znacznie wolniej i po roztopieniu wsadu część cząstek wypływa na powierzchnię. Ich rozpuszczenie wymaga dodatkowego czasu i podgrzania metalu do wyższej temperatury. Najlepiej rozpuszcza się grafit syntetyczny i koks naftowy. Praktycznie po roztopieniu wsadu nie ma na powierzchni kąpieli metalowej cząstek nawęglacza. Efektywności nawęglania w piecach elektrycznych łukowych dla tych samych materiałów nawęglających są niższe (średnio o ok. 10%) niż w piecach indukcyjnych. Wynika to przede wszystkim z mniejszej cyrkulacji ciekłego metalu w piecach łukowych. Wprowadzanie nawęglacza do stałego wsadu stanowi pierwszy etap procesu nawęglania. Wynika to z faktu, że załadunek pieców odbywa się najczęściej dwuetapowo. Najpierw topi się zawartość pierwszego kosza wsadowego, a następnie doładuje się piec do żądanej masy metalu. Związane jest to z dużą objętością wsadu metalowego, który przed stopieniem nie mieści się w całości w piecu. Oznacza to, że w ten sposób można wprowadzić tylko część zakładanej porcji nawęglacza. Nie zapewnia ona oczekiwanej zawartości węgla, jaką chcemy uzyskać na koniec procesu. Wymusza to korektę węgla przez kolejne nawęglanie inną metodą (narzucanie na powierzchnię, wdmuchiwanie).

Wprowadzanie nawęglacza na lustro ciekłego metalu.

Metoda ta polega na nawęglaniu ciekłego metalu poprzez narzucanie kawałkowego lub rozdrobnionego nawęglacza na powierzchnię kąpieli metalowej. W przypadku stosowania tej metody w piecach łukowych, wymaga ona mieszania kąpieli

metalowej. Wynika to z faktu, że w piecach tych intensywny ruch metalu występuje tylko w pobliżu elektrod. Znaczną część pieca stanowią jednak „strefy martwe” o nikomej cyrkulacji kąpieli metalowej. W piecach łukowych jest to metoda tradycyjna ale o małej skuteczności i to zarówno w odniesieniu do szybkości nawęglania jak i stopnia wykorzystania węgla z nawęglacza. Uzyskuje się w ten sposób stopień wykorzystania węgla do 30%, ze stosunkowo małym wskaźnikiem powtarzalności. Znacznie intensywniej przebiega nawęglanie w tyglu pieca indukcyjnego, w którym podczas wytapiania występuje ruch ciekłego metalu w całej objętości pieca. Powoduje to, że można w nich uzyskać stopień wykorzystania węgla dochodzący do 80%. Wymaga to zastosowania odpowiedniego rodzaju nawęglacza, parametrów pracy pieca oraz wydłużenia czasu wytopu. Czas ten może wynosić od kilku do kilkunastu minut.

Metoda Gazal. Polega na wprowadzaniu nawęglacza na powierzchnię kąpieli metalowej w kadzi, która jest jednocześnie przedmuchiwana azotem [9]. Przedmuchiwanie gazem odbywa się przez porowate korki umieszczone w dnie kadzi. Jest to odmiana metody stosowanej do odsiarczania i modyfikowania stali w kadziach. W przypadku wytopu żeliwa spotyka się w tym przypadku połączenie procesów odsiarczania i nawęglania. Sprawność nawęglania przy zastosowaniu tej metody wynosi 70-95%, a uzyskiwane zwiększenie zawartości węgla może dochodzić do 0,6%.

Wprowadzanie nawęglacza na dno kadzi. Metodę nawęglania w kadzi stałym nawęglaczem, wsypywanym na jej dno można również zaliczyć do metod tradycyjnych o niewielkiej efektywności i powtarzalności. Proces odbywa się w początkowej fazie z intensywnym mieszaniem ciekłego metalu wynikającym z wlewania go do kadzi. Po krótkim czasie ruch zanika, a nawęglacz wypływa na powierzchnię. Spada również temperatura kąpieli metalowej, co powoduje, że proces wymiany masy jest powolny. Oznacza to, że skuteczne w tej metodzie nawęglanie odbywa się tylko w czasie przelewania metalu. Wprowadzona ilość nawęglacza powinna zostać przyswojona w tym właśnie okresie. Czynniki powyższe powodują, że tą metodą można zwiększać zawartość węgla o 0,1-0,2%.

Dodawanie nawęglacza na rynnę spustową. Metoda ta polega na umieszczeniu nawęglacza na rynnie spustowej, którą płynie ciekły metal do innego pieca (w systemach topienia duplex) lub kadzi. Charakteryzuje się ona zwiększeniem zawartości węgla w początkowym okresie, gdyż struga metalu powoduje szybkie wymieszanie się nawęglacza z ciekłym metalem, który dodatkowo, wpadając do kadzi lub pieca znajduje się w intensywnym ruchu. W kadzi ciekły metal szybko obniża swoją temperaturę, co zmniejsza szybkość nawęglania. Tak jak w poprzedniej metodzie ze względu na obniżanie temperatury kąpieli metalowej i ograniczony czas trwania procesu (czas płynięcia wąskiej strugi ciekłego metalu) metoda ta jest stosowana do uzupełniania węgla jedynie w zakresie do 0,1%.

Wdmuchiwanie nawęglacza do ciekłego metalu. Metoda wprowadzania nawęglacza w strumieniu gazu nośnego jest jedną z metod, która zyskuje coraz szersze zainteresowanie. Metoda ta odznacza się wieloma możliwościami i ciągłym rozwojem, przez co jest chętnie i szybko wdrażana w przemyśle. Polega ona na zastosowaniu dozownika, w którym nawęglacz jest mieszany z gazem nośnym (powietrzem, argonem) i przez zespół przewodów, zakończonych lancą odporną na działanie wysokiej temperatury jest transportowany i wprowadzany pod lustro ciekłego metalu. Metoda

ta jest wykorzystywana przede wszystkim do nawęglania żeliwa w piecach elektrycznych łukowych. W piecach elektrycznych indukcyjnych ze względu na geometrię pieca (duża głębokość kąpieli metalowej, powierzchnia lustra metalu przy pokrywie pieca) może być ona stosowana przy zachowaniu szeregu ograniczeń, obejmujących odpowiedni dobór parametrów przepływowych urządzenia dozującego. W metodzie tej duża powierzchnia styku nawęglacz – ciekły metal, w połączeniu z mieszaniem kąpieli przez gaz nośny powoduje uzyskiwanie bardzo dużych wartości sprawności procesu. Można w ten sposób korygować niedobór węgla nawet do 3%, uzyskując sprawność nawęglania do 95%. Proces ten oprócz wymiaru technologicznego i ekonomicznego pozwala na zmniejszenie uciążliwości pracy wytapiaczy.

Wprowadzanie nawęglacza w formie drutu rdzeniowego. W metodzie tej nawęglacz wprowadzany jest wewnątrz cienkościenniej stalowej rurki nawiniętej na bęben. Metoda ta wymaga wysokiej temperatury metalu, ciągłego podawania pręta, który powoli się topi i uwalnia nawęglacz. W odlewnictwie znalazła zastosowanie głównie w procesie modyfikacji, sferoidyzacji i odsiarczania żeliwa. Natomiast nie jest wykorzystywana do nawęglania, co wynika z faktu, że temperatura żeliwa jest stosunkowo niska, a stosowanie małych kadzi powoduje duże straty ciepła i obniżanie temperatury kąpieli metalowej. Uzyskanie dużych przyrostów węgla (co ma miejsce w odlewnictwie) generowałoby dosyć znaczne koszty.

Przedstawione metody i miejsca stanowią najczęściej wykorzystywane w odlewnictwie sposoby nawęglania ciekłych stopów żelaza i korekty węgla w tych stopach. W odlewniach dysponujących piecami łukowymi dosyć często wprowadza się do stałego wsadu lub na powierzchnię połamane kawałki elektrod grafitowych. Po roztopieniu wsadu wypływają one na powierzchnię kąpieli metalowej. Z uwagi na stosunkowo małą powierzchnię reakcji rozpuszczają się tylko częściowo i znaczna ich część ściągana jest razem z żużłem. Korzystniejszym rozwiązaniem w tym przypadku jest zmielenie złomu elektrod grafitowych np. w gniotownikach krążnikowych, które często występują w odlewniach i prowadzenie procesu z zastosowaniem rozdrobnionego materiału.

Jeszcze innym sposobem nawęglania w piecach elektrycznych łukowych jest zanurzanie elektrod (bez załączonego łuku elektrycznego) w kąpieli metalowej. Jest to jednak metoda bardzo droga, ze względu na koszt elektrod (cena elektrod jest dwukrotnie wyższa niż cena nawęglaczy grafitowych) i stosunkowo małą sprawność.

Prowadzono również próby nawęglania w piecach elektrycznych materiałami węglowymi w postaci brykietów lub prasowanych kostek. Jednak zwiększone nakłady związane z odpowiednim przygotowaniem tych nawęglaczy oraz niezbyt duża sprawność powodują, że w piecach indukcyjnych i łukowych ta metoda nie jest stosowana.

Wybór miejsca i metody nawęglania oraz rodzaju nawęglacza jest zależny przede wszystkim od zastosowanych materiałów wsadowych. Przy realizacji wytopów bez udziału surówki istnieje konieczność uzyskania dużych przyrostów węgla. W tym przypadku najkorzystniejsze jest wprowadzenie nawęglacza do stałego wsadu lub jego pneumatyczne dozowanie do ciekłego metalu. Istotnym zagadnieniem jest czas trwania wytopu związany bezpośrednio z czasem nawęglania. Jego wydłużenie pociąga za sobą podwyższenie kosztów wytopu.

4. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji materiałów wsadowych

Jak już wcześniej wspomniano wytopianie żeliwa syntetycznego odbywa się na bazie złomu stalowego. Jest to surowiec wtórny, którego większe wykorzystanie do produkcji z punktu widzenia ochrony środowiska jest wskazane. Jego przygotowanie (sortowanie, prasowanie) w większości przypadków nie generuje dodatkowego zanieczyszczenia środowiska. Gorsza jakość złomu stalowego może powodować zwiększenie ilości pyłów i żużla w procesie wytapiania.

Wyeliminowanie lub zmniejszenie ilości surowki we wsadzie jest związane ze zmniejszeniem zanieczyszczeń emitowanych przez wielkie piece, w których surowka jest wytwarzana. Zanieczyszczenia te obejmują emisję do powietrza, zrzuty ścieków do wody oraz odpady. Wartości emisji poszczególnych zanieczyszczeń przedstawiono w tab. 4 – 6 [10].

Tabela 4.
Emisja zanieczyszczeń do powietrza w wielkim piecu przy produkcji surowki

Substancja	Zakres emisji do powietrza
Pył (g/t surowki)	444
SO ₂ (g/t surowki)	125
NO _x (g/t surowki)	31,1
CO (g/t surowki)	5750
CO ₂ (kg/t surowki)	2229

Tabela 5.
Zrzuty ścieków w wielkim piecu przy produkcji surowki

Substancja	Zakres zrzutów
Ścieki (m ³ /t surowki)	1,1

Tabela 6.
Odpady powstające w wielkim piecu przy produkcji surowki

Odpady	Ilość odpadów
Żużel (kg/t surowki)	360
Pył wielkopiecowy (kg/t surowki)	14,5
Gruz (kg/t surowki)	0,5

Gaz wielkopiecowy wychodzący z wielkiego pieca zawiera różne zanieczyszczenia (głównie tlenki żelaza, metale ciężkie oraz węgiel), tlenek i dwutlenek węgla, wodór, opary cynku, związki siarki, amoniak, związki cyjanku, węglowodory i węglowodory aromatyczne. Praktycznie cały gaz wielkopiecowy jest wychwytywany, oczyszczany i nie ma znaczących emisji do powietrza z wielkiego pieca. Mogą mieć miejsce jedynie sporadyczne emisje gazu oraz zanieczyszczenia z zaworu upustowego lub urządzenia załadunkowego. Pośrednia emisja zachodzi kiedy gaz wielkopiecowy jest spalany w nagrzewnicach oraz w innych instalacjach w hucie (w zakładowych kotłowniach). Wtórna emisja do powietrza występuje podczas operacji technologicznych na hali lejniczej, gdzie zanieczyszczenia tymi substancjami powstają przy kontakcie żużla i surowki z tlenem z otoczenia. Nieznaczna ilość SO₂ może być emitowana podczas chłodzenia żużla, lotne związki organiczne i węglowodory aromatyczne

mogą być uwalniane z rynien surowkowych i żużlowych jeśli używa się mas korytowych zawierających smołę. Przy chłodzeniu ciekłego żużla występuje dyfuzja H₂S oraz SO₂, która może się ilościowo zmieniać w zależności od procesów utylizacji żużla (granulacja żużla lub wolne studzenie w dołach żużlowych) i zawartości siarki w koksie wielkopiecowym [10].

Duża ilość czystej wody używana jest do chłodzenia wielkiego pieca, dysz wielkopiecowych i innych urządzeń pomocniczych. Woda chłodząca występuje w obiegu zamkniętym. Zrzuty ścieków z obiegów wodnych wielkich pieców do kanalizacji deszczowo-przemysłowej występują wyłącznie w sytuacjach awaryjnych.

Wielkie piece wytwarzają wiele odpadów materiałów ogniotrwałych, kiedy kadzie lub rynny surowkowe ulegają zużyciu i wymagają wymiany. Niezwykle rzadko zdarza się, że w wielkim piecu i w nagrzewnicach w całości wymieniane jest wyłożenie ogniotrwałe (kampania wielkiego pieca trwa 10-11 lat i więcej). Zwykle remonty wyłożenia ogniotrwałego wykonywane są częściowo. Odpady odzyskiwane w procesie wielkopiecowym to m.in. odsiew koksu i spieku, pył wielkopiecowy, szlam wielkopiecowy, skrzepy surowkowe. Odsiewy spieku i koksu powstają w namiarowni wielkiego pieca i są wykorzystywane w procesie spiekania, a dodatkowo koksik również jako paliwo w procesie wielkopiecowym (do 5 kg/Mg surowki). Pył wielkopiecowy jest składnikiem mieszanki spiekalniczej lub stosowany jest w produkcji cementu. Szlam jest najdrobniejszą frakcją materiałów wsadowych, wytworzony podczas mokrego oczyszczania gazu wielkopiecowego, jest tylko częściowo wykorzystywany w procesie spiekania. Skrzepy surowkowe powstają w wyniku zakrzepnięcia surowki w rynnach spustowych w hali lejniczej i na Maszynach rozlewniczych lub dołach zlewnych żużla. Odpad ten jest wykorzystywany przy produkcji stali. Pył z odpylania namiarowni wielkich pieców wychwytywany jest w urządzeniach odpylających przy każdej namiarowni. Pył z odpylania hali lejniczej wytrącony jest w stacji odpylania hal lejniczych. Również te odpady są wykorzystywane w procesie spiekania [10].

Można zauważyć, że mimo zagospodarowania części odpadów, znaczne ich ilości są „przekazywane” do środowiska naturalnego. Należy tutaj również wspomnieć o znacznym zużyciu koksu przy produkcji surowki wynoszącym 520-580 kg/Mg surowki. Emisja substancji zanieczyszczających do powietrza stanowi podstawową uciążliwość środowiskową związaną z procesem koksowania węgla. W każdej koksowni baterie koksownicze stanowią główne źródło emisji zanieczyszczeń. Specyfika procesu koksowania powoduje, że bateria koksownicza jest trudnym do pełnej kontroli źródłem emisji. Cykliczny i najczęściej nieorganizowany charakter mają emisje związane z transportem koksu pod wieżę gaśniczą, w trakcie procesu gaszenia, oraz emisje ze zrzutni koksu. W procesie odbioru i oczyszczania lotnych produktów koksowania może dochodzić do znacznej emisji zanieczyszczeń do powietrza, na które składają się między innymi: gaz koksowniczy o różnym składzie w zależności od miejsca jego emisji, amoniak z instalacji wydzielenia amoniaku, benzen i jego pochodne z instalacji benzolowni, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, a ponadto fenol, siarkowodor oraz produkty spalania gazu koksowniczego w pochodni gazowej [11].

W procesie wytapiania żeliwa syntetycznego do uzupełniania niedoboru węgla stosuje się nawęglacze, których produkcja wiąże

się w mniejszym lub większym stopniu z zanieczyszczeniem środowiska. Należy jednak zaznaczyć, że masa nawęglacza do wytworzenia 1 Mg żeliwa jest stosunkowo mała i wynosi 40-50 kg. Najbardziej „przyjaznymi” dla środowiska nawęglaczami są grafit naturalny i antracyt. Są to naturalne kopaliny poddane procesowi mechanicznego mielenia i kalcynacji, podczas której następuje emisja tylko części lotnych i związków siarki do atmosfery. Znacznie bardziej uciążliwy dla środowiska jest koks naftowy. Jak już wcześniej wspomniano surowcem wyjściowym w procesie koksowania są ciężkie pozostałości pochodzące z różnych etapów i różnych metod przeróbki ropy naftowej. Jego wytworzenie jest więc związane z emisją wielu zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska przez branżę petrochemiczną.

Kolejny nawęglacz to grafit syntetyczny, który może być wytwarzany z antracytu lub koksu naftowego. Sam proces grafityzacji bezpośrednio nie jest związany z emisją znacznych ilości zanieczyszczeń do środowiska. Wymaga on jednak dużego zużycia energii niezbędnej do podgrzania antracytu lub koksu naftowego do temperatury 2500-3000°C, w której przebiega grafityzacja.

W procesie nawęglania można również wykorzystać oferowane przez wielu dostawców nawęglacze pozyskane z procesu mielenia elektrod grafitowych lub węglowych, elementów wykładzin grafitowych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu. Nawęglaczami mogą być również odpady produkcyjne przemysłu elektrodowego.

5. Podsumowanie

Analizując proces wytapiania żeliwa pod kątem emisji zanieczyszczeń w obrębie odlewni i w aspekcie stosowanych do wytopu materiałów wsadowych można stwierdzić, że produkcja żeliwa syntetycznego może być znacznie mniej uciążliwa dla środowiska niż żeliwa wytapianego metodą tradycyjną. Uwzględniając dodatkowo możliwość obniżenia kosztów produkcji można wnioskować, że udział żeliwa wytwarzanego wyłącznie na bazie złomu stalowego, będzie ciągle wzrastał.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011.

Literatura

- [1] M. Holtzer i inni, Przewodnik w zakresie najnowszych dostępnych technik (NDT). Wytyczne dla branży odlewniczej, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005.
- [2] www.techservice.sk/
- [3] www.centrozap.com.pl/
- [4] K. Janerka, D. Bartocha, J. Szajnar, Quality of carburizers and its influence on carburization process, Archives of Foundry Engineering, Wyd. PAN Katowice, vol. 9, 3/2009, s. 249-254.
- [5] K. Skoczkowski, Wykładziny węglowo-grafitowe, Wydawnictwo Fundacji im. Wojciecha Świątosławskiego na Rzecz Wspierania Nauki i Potencjału Naukowego w Polsce, Gliwice 1998.
- [6] K. Janerka, Nawęglanie ciekłych stopów żelaza, Wyd. Pol. Śląskiej (w druku).
- [7] K. Janerka, J. Szajnar, J. Jezierski, M. Pawlyta, Quality and structure of carburizers used in foundry engineering, roz. 2, Mon. Borkowski S., Czaja P., Quality Engineering, Novosibirsk 2009.
- [8] K. Janerka, D. Bartocha, J. Szajnar, Carburization process rate in production of synthetic cast iron, Archives of Materials Science and Engineering, vol. 36, 1/2009.
- [9] T. Warchała, Metalurgia i odlewnictwo, cz. 2. Technologia żeliwa, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1995.
- [10] M. Besler, Praca zbiorowa, Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Wytyczne dla produkcji żelaza i stali. Huty zintegrowane, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2005.
- [11] K. Klejnowski, Praca zbiorowa, Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Wytyczne dla branży koksowniczej, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2005.

The production of synthetic cast iron in aspect of less environmental nuisance

Abstract

The issues of synthetic cast iron production on the steel scrap basis were presented in the paper. The steel scrap volume increase in solid charge is undoubtedly beneficial from the environmental point of view because it is a waste material. The pig iron amount decrease or even its complete elimination from the solid charge allows the pollution from its production decrease. However, when the synthetic cast iron is produced the problem of proper carbon content appears. Therefore in the paper the recarburization methods and carburizers used in foundry industry were presented. The analysis covers some issues of pollution in pig iron production process, blast-furnace coke and carburizers.