



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. St. STASZICA

Wydział Odlewnictwa

Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych

Pracownia Ochrony Środowiska

Wydzielalność gazów z materiałów stosowanych w odlewnictwie

Opracowała: dr inż. Sylwia Żymankowska-Kumon

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest oznaczanie ilościowe gazów, wydzielających się z popularnych materiałów stosowanych w odlewnictwie, w zależności od temperatury i atmosfery, z użyciem oporowego pieca rurowego i pompy perystaltycznej do rejestracji przebiegu gazotwórczości. Przeprowadzone badania mają na celu sprawdzenie jak temperatura i atmosfera wpływają na przebieg kinetyki wydzielania się gazów z materiałów odlewniczych.

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznanie się z budową stanowiska badawczego, w tym zasadą działania oporowego pieca rurowego oraz pompy perystaltycznej rejestrującej kinetykę gazów.
2. Przygotowanie próbek do badań (stałych bądź ciekłych).
3. Przygotowanie pomiaru.
4. Wykonanie oznaczenia.
5. Obserwacja i interpretacja danych pomiarowych.
6. Przygotowanie sprawozdania z ćwiczenia.

Zagadnienia do ćwiczenia i na kolokwium

1. Masy formierskie i spoiwa odlewnicze (podział, rodzaj).
2. Źródła gazów w odlewnictwie.
3. Kinetyka rozkładu spoiw odlewniczych.
4. Stanowisko pomiarowe – budowa i zasada działania.
5. Wpływ atmosfery na rozkład związków.

Wzór sprawozdania

Zespół:	Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych Pracownia Ochrony Środowiska	
Laboratorium z Teorii Procesów Odlewniczych		
Rok akademicki:	Rok studiów/kierunek: I MGR Metalurgia	Grupa:
Ćwiczenie: Wydzielalność gazów z materiałów stosowanych w odlewnictwie		
Data ćwiczenia:	Data oddania sprawozdania:	Ocena:

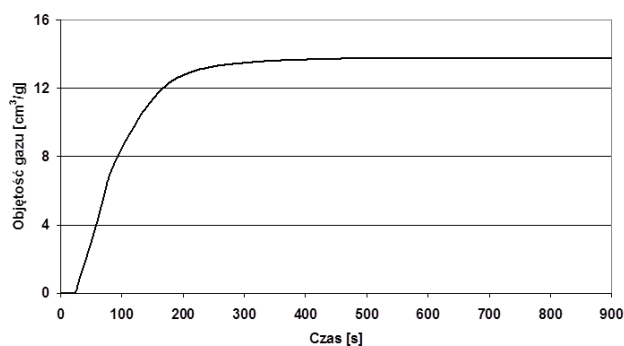
1. Wstęp teoretyczny

2. Wyniki badań

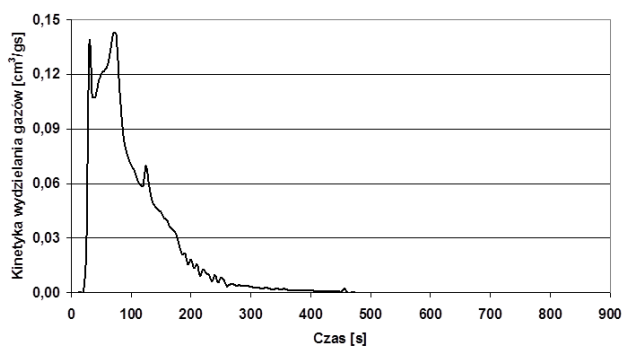
Rodzaj próbki	Masa próbki [g]	Objętość gazów [ml/próbka]	Maksymalna szybkość [ml/g·s]	Czas [s]
			<i>Odczytana z wykresu kinetyki (przykład 2)</i>	<i>Odczytana z wykresu kinetyki (przykład 2)</i>

Uwaga: dostaną Państwo plik z pomiarów z danymi, które trzeba obrobić w następujący sposób:

Wykreślić w excel'u lub innym programie wykres zależności objętości wydzielających się gazów w czasie (przykład 1) i kinetykę wydzielania gazów w czasie (przykład 2).



Przykład 1



Przykład 2

3. Wnioski

Wydzielalność gazów w odlewnictwie

Technologię odlewniczą stanowi szereg procesów w trakcie, których dochodzi m.in. do emisji szkodliwych substancji gazowych do atmosfery, np. związków organicznych. Problem emisji tych związków w przemyśle odlewniczym jest bardzo istotny, ponieważ mogą być one przyczyną chorób zawodowych, a także źródłem zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Podczas całego procesu produkcji odlewów pracownicy narażeni są na niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe czynniki związane między innymi z emisją lotnych związków organicznych (LZO), których głównym źródłem są stosowane przy produkcji mas formierskich żywice organiczne i ich utwardzacze.

Wyróżnia się dwie grupy operacji w procesie odlewniczym, podczas których mamy do czynienia z emisją tych substancji. Do pierwszej z grup zalicza się procesy, podczas których następuje parowanie lotnych składników, głównie rozpuszczalników, ze spoiwa. Proces ten może zachodzić w temperaturze pokojowej podczas wykonywania takich operacji jak sporządzanie masy, wykonywanie form i rdzeni oraz ich składowanie. Druga grupa procesów, które generują znaczną emisję, to te gdzie mamy do czynienia z działaniem wysokiej temperatury, która powoduje rozkład substancji chemicznych. W wyniku rozkładu mogą powstawać związki chemiczne, które nie występowały w wyjściowym składzie spoiwa. Jest to niezwykle ważne zjawisko, ponieważ takie substancje mogą wydostawać się z formy już po zakończeniu procesu, szczególnie z zimniejszych części rdzenia lub formy, które nie były narażone na działanie wysokiej temperatury podczas zalewania.

W zależności od rodzaju zastosowanej żywicy do produkcji mas formierskich bądź rdzeniowych (fenolowo-formaldehdowej, uretanowej, furanowej, furfurylowo-mocznikowej, alkidowej) pod wpływem temperatury mogą tworzyć się i uwalniać takie związki jak: alkohol furfurylowy, formaldehyd, fenol, związki z grupy BTEX (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny), a także wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).

Związki te, jak również pyły generowane są głównie na etapie zalewania formy ciekłym metalem. Powstające związki chemiczne mogą przenikać do dalej położonych od odlewu części formy, kondensować się na ziarnach osnowy, a następnie podczas chłodzenia formy i wybijania odlewów mogą być uwalniane do środowiska lub wmywane podczas składowania zużytych mas formierskich.

Źródła emisji niebezpiecznych związków do powietrza w procesie wykonywania odlewów obejmują zarówno typowe operacje odlewnicze (np. sporządzanie mas formierskich i rdzeniowych, wytapianie ciekłego metalu, zalewania, chłodzenie i wybijanie form) jak również procesy pomocnicze (np. obróbka mechaniczna, oczyszczanie i malowanie odlewów). Ocena szkodliwości mas stosowanych na formy i rdzenie obejmuje dwa podstawowe elementy:

- wydzielalność szkodliwych gazów podczas operacji sporządzania masy, formowania, wykonywania rdzeni, zalewania formy ciekłym metalem, chłodzenia formy i wybijania odlewu;
- możliwość wymywania się z zużytej masy do środowiska niebezpiecznych substancji, np. podczas jej składowania lub gospodarczego wykorzystywania. Masy ze spoiwami, z których nie wymywają się substancje szkodliwe mogą być zagospodarowane w innych dziedzinach, przez co unika się ich składowania;

Dlatego też przy ocenie wpływu danej masy na środowisko należy uwzględnić te dwa zagadnienia. Dopiero takie badania dają pełną ocenę szkodliwości danej masy.

Źródła gazów

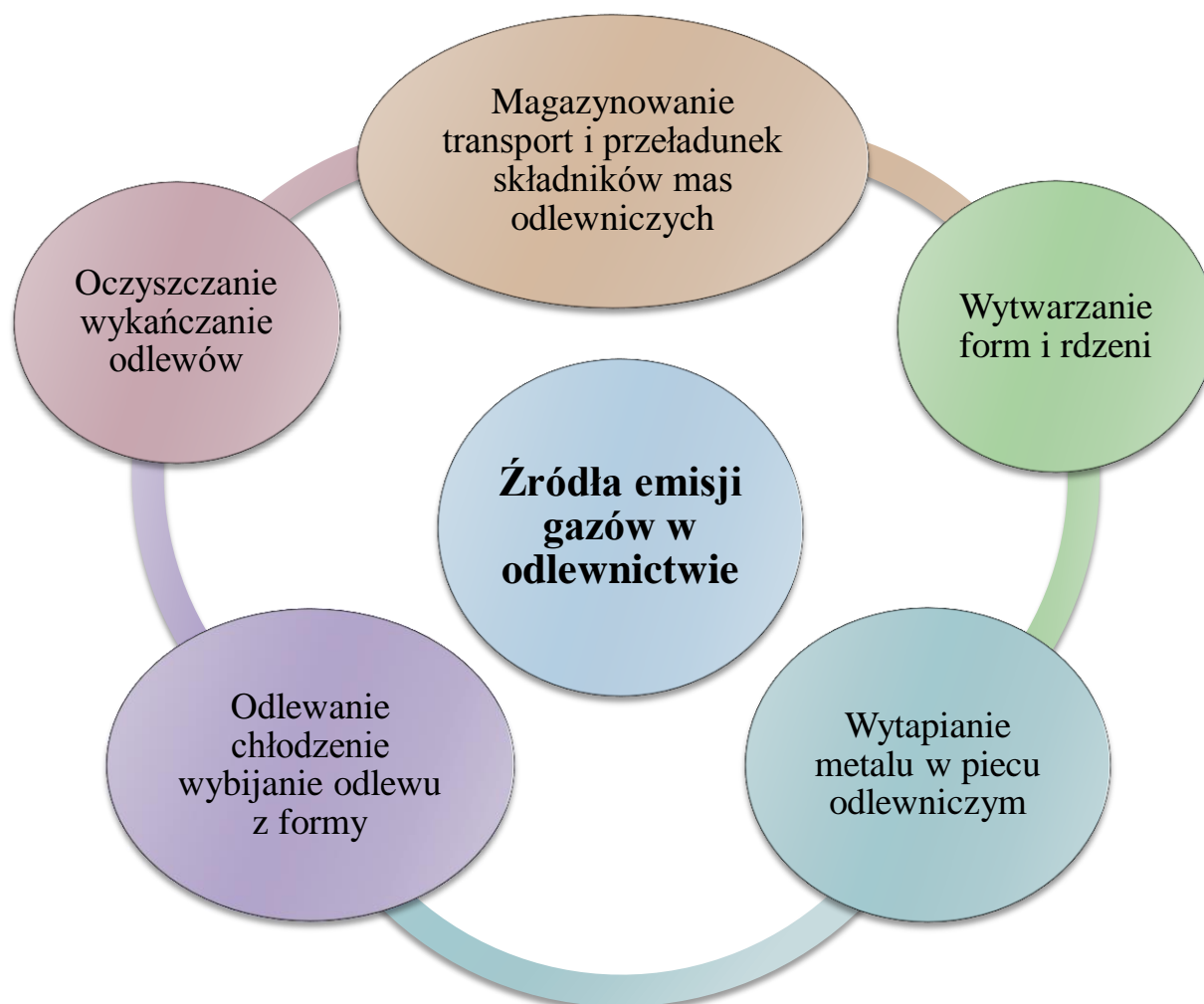
Źródeł gazów w odlewnictwie jest kilka, co przedstawia rysunek 1. Z każdym z nich wiąże się emisja zorganizowana bądź niezorganizowana do atmosfery. Wiąże się to z bezpośrednim wykorzystywaniem gazów w danej technologii bądź ich powstawaniem w wyniku parowania czy rozkładu termicznego substancji ciekłych lub stałych w poszczególnych procesach. Magazynowania materiałów stosowanych w produkcji form odlewniczych wiąże się z ryzykiem niekontrolowanej emisji gazów choćby na skutek nieszczelności pojemników, w których są przechowywane (parowanie ciekłych materiałów zawierających lotne związki organiczne LZO). Pomieszczenia, które służą do przechowywania ciekłych spoiw i utwardzaczy do mas powinny być wyposażone w wentylację oraz wanny wychwytowe lub studzienki ściekowe zabezpieczające przed zanieczyszczeniem gleb czy wód gruntowych w przypadku wycieku.

W procesie produkcji mas formierskich oraz rdzeni wykorzystuje się m.in. spoiwa organiczne. W tym przypadku istnieje ryzyko wydzielania się małowcząsteczkowych substancji, których skład jest generowany przez skład chemiczny stosowanych spoiw (tabela 1). Wśród tych substancji mogą się znaleźć związki fenolu, formaldehyd, alkohol furfurylowy, a także składniki wchodzące w skład rozpuszczalników, czyli alkohole, węglowodory, chlorowcopochodne węglowodorów. Emisja gazów podczas wytapiania metalu w piecach odlewniczych (żeliwiaki, piece indukcyjne, łukowe) jest bezpośrednio związane z oddziaływaniem wysokiej temperatury na metal czy wyłożenie ogniotrwałe pieca. Z dotychczasowych badań wynika, że nad kąpielą metalową gromadzą się takie związki jak: NO₂, CO, SO₂, NH₃, H₂S oraz lotne związki organiczne (LZO).

W trakcie procesu zalewania formy odlewniczej ciekłym metalem, na skutek działania wysokiej temperatury, zachodzą skomplikowane przemiany chemiczne składników wchodzących w skład mas odlewniczych. Wywołują one intensywne zmiany w strukturach usieciowanych spoiw. Skutkiem tego jest uwalnianie się małowcząsteczkowych substancji gazowych i jednocześnie zwęglanie

pozostałości utwardzonej żywicy, a wśród nich związki fenoli i policyklicznych węglowodorów aromatycznych oraz małowcząsteczkowych związków lotnych jak tlenki węgla, tlenki siarki, wodorki, proste fenole i węglowodory aromatyczne.

Oczyszczanie i wykańczanie to ostatni etap procesu produkcji odlewów. Jednak również w trakcie jego trwania mamy do czynienia z emisją gazów powstających w wyniku cięcia, spawania i elektroźłobienia. Powstające gazy są podobne do tych, które powstają podczas wytapiania metalu w piecu, tj. NO_2 i CO .



Rysunek 1. Podstawowe źródła emisji gazów w odlewnictwie

Spośród 74 związków, jakie zostały zidentyfikowane w gazach generowanych podczas termicznego rozkładu wybranych reprezentantów spoiw stosowanych do mas formierskich i rdzeniowych (żywica furfurylowa, żywica alkidowa oraz żywica fenolowa, masy z bentonitem i nośnikami węgla błyszczącego), tylko 13 związków znajduje się na liście opracowanej przez EPA¹, jako związki stanowiące zagrożenie dla zdrowia ludzi lub środowiska.

¹ Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (US EPA)

Tabela 1. Zanieczyszczenia emitowane do powietrza podczas procesu przygotowania mas i formowania w masach wilgotnych oraz wiązanych chemicznie ze spoiwami organicznymi i nieorganicznymi

Nazwa technologii	Rodzaj żywicy/spoiwa	Rozpuszczalnik i/lub dodatkowe reagenty	Rodzaj utwardzacza/katalizatora	Emitowane związki
Masy wilgotne	Bentonit/ glinka	Pył węglowy, organiczne nośniki węgla błyszczącego woda	-	pył
Masy utwardzane na zimno	Furanowa	Alkohol furfurylowy, formaldehyd, fenol, mocznik	Kwasy sulfonowe (np. kwas paratoluenosulfonowy)	Formaldehyd, fenol, alkohol furfurylowy, H ₂ S, kwasy
	Fenolowa	Wodorotlenek potasu, fenol, formaldehyd	Kwasy sulfonowe	Formaldehyd, fenol, H ₂ S, kwasy
	Poliuretanowa	Izocyjanian (i rozpuszczalniki aromatyczne)	Pochodna pirydyny	Formaldehyd, fenol, izocyjaniany, węglowodory aromatyczne
	Rezolowa	Wodorotlenek potasu, fenol, formaldehyd	Estry (np. octan glikolu etylenowego)	Formaldehyd, fenol, estry
	Alkidowa	Butanol, ksylen, benzyna do lakierów	Izocyjaniany	Węglowodory aromatyczne, (odory przy utwardzaniu na gorąco)
	Szkło wodne	-	Estry (np. kwasu octowego)	Brak emisji
Masy utwardzane gazami	Poliuretanowa (proces cold-box)	Izocyjanian (i rozpuszczalniki aromatyczne)	Aminy (np. dwuetyloamina)	Formaldehyd, fenol, izocyjaniany, aminy, węglowodory aromatyczne, odory
	Rezolowa	Wodorotlenek potasu, fenol	Mrówczan metylu	Formaldehyd, fenol mrówczan metylu
	Szkło wodne	-	CO ₂	Brak emisji
Masy utwardzane na gorąco	Warm-box (z alkoholem furfurylowym)	Alkohol furfurylowy formaldehyd	Sole miedzi z kwasami sulfonowymi	Formaldehyd alkohol furfurylowy
	Hot-box Fenolowa lub furanowa (nagrzewanie gazem)	Alkohol furfurylowy formaldehyd, mocznik, fenol	Sole amonowe lub kwas paratoluenosulfonowy	Formaldehyd, fenol, alkohol furfurylowy HCN, amoniak (odory) oraz ze spalania gazu: SO ₂ , NO ₂ , CO
	Fenolowo formaldehydowa (Proces Croninga formy skorupowe)	Żyvice w postaci stałej	Heksametylenoczeroamina	Formaldehyd, amoniak, fenol, węglowodory, aroaryczne, HCN

Ogólna charakterystyka mas i ich podział

Formy są klasyfikowane i dzielone na dwie duże grupy:

- formy nietrwale (jednorazowego użycia): są one wykonywane specjalnie dla każdego odlewu i ulegają zniszczeniu po zalaniu ciekłym metalem. Formy tego rodzaju są zwykle wykonane z piasku jako osnowy i są wiązane chemicznie, gliną lub nawet bez dodatku spoiwa;
- formy trwałe (wielokrotnego użycia): tego typu formy są wykonywane do odlewania grawitacyjnego i niskociśnieniowego, odlewania ciśnieniowego i odśrodkowego. Formy takie są wykonane zwykle z metalu.

W przypadku odlewów z metali nieżelaznych, około 30% odlewów jest wykonywanych w formach piaskowych. W przypadku odlewów z lekkich stopów metali nieżelaznych (stopy aluminium) tylko 10 % jest wykonywanych w formach jednorazowych. Wytwarzanie form i rdzeni obejmuje mieszanie piasku z różnymi związkami chemicznymi, a w niektórych przypadkach kolejnym etapem jest nagrzewanie. W procesie tym emitowane są gazowe lub lotne produkty reakcji oraz wydziela się nadmiar reagentów.

Podziału form jednorazowych (piaskowych) można dokonać stosując jako kryterium użyty materiał wiążący.

- Masy z żywicami syntetycznymi, żywice mogą być podzielone ze względu na sposób utwardzania:
 - żywice utwardzane w temperaturze otoczenia: furanowa, fenolowa, poliuretanowa, rezolowo-estrowa (Alphaset), alkidowa, szkło wodne;
 - żywice utwardzane czynnikiem gazowym: fenolowo-furanowa (Hardox), poliuretanowa (cold box), rezolowa (Betaset), akrylowo-epoksydowa (isoset), szkło wodne;
 - żywice utwardzane w wysokiej temperaturze: olejowe, warm box, hot box, Croning.
- Masy z bentonitem i nośnikiem węgla błyszczącego.
- Masy ze spoiwami nieorganicznymi: masy ze szkłem wodnym, masy z geopolimerem, masy z cementem, masy fosforanowe.

Podział mas formierskich zaproponowany przez D. Boenisha, dzieli masy na trzy generacje w zależności od rodzaju materiału wiążącego:

- generacja I — masy, w których materiałem wiążącym są lepiszcza, gliny formierskie, w skład masy wchodzi najczęściej: osnowa (piasek kwarcowy), lepiszcze (bentonit), dodatki (pył węglowy) i woda;
- generacja II — masy, w których materiałem wiążącym są spoiwa:

- utwardzane w temperaturze otoczenia:
 - samoutwardzalne (m.in. furanowe, masy do metody Shawa, z krzemionką koloidalną, spoiwo olejowe);
 - szybko utwardzalne (m.in. cold-box, ashland, utwardzane CO₂);
- wiążące w podwyższonej temperaturze:
 - szybko wiążące (m.in. formowanie skorupowe, hot-box, warm-box);
 - wolnowiążące (masy wiązane skrobią, melasą, olejem szybko schnącym);
- generacja III — masy bez materiałów wiążących, zwane też masami wiązanymi czynnikami fizycznymi (m.in. proces pełnej formy, podciśnieniowy).

P. Jelinek uzupełnił ten podział o masy:

- generacji IV — masy wiązane czynnikami biotechnologicznymi.

Kinetyka procesów metalurgicznych i odlewniczych

Znajomość danych termodynamicznych dla dowolnej reakcji pozwala na określenie położenia równowagi rozpatrywanego układu, nie daje nam natomiast informacji o szybkości, z jaką układ może w danych warunkach stan równowagi osiągnąć. Podstawowych metod, niezbędnych do obliczania szybkości wielu procesów fizykochemicznych, dostarcza nam znajomość drugiego działu chemii fizycznej, tj. kinetyki. W kinetyce chemicznej zajmujemy się badaniem zmian, jakie następują w układach w toku zachodzących w nich procesów fizykochemicznych, co pozwala na mniej lub więcej dokładne określenie ich szybkości, a nierzadko także i mechanizmu badanych procesów.

Znajomość szybkości powyższych procesów w danych warunkach pozwala nam określić czas niezbędny do ustalenia się równowagi termodynamicznej w badanym układzie, natomiast bliższa znajomość ich mechanizmu (tj. wszystkich procesów elementarnych towarzyszących procesowi wypadkowemu) pozwala skuteczniej wpływać na przyspieszenie (lub opóźnienie) interesującego nas procesu. Tak więc celem praktycznym kinetyki chemicznej jest m.in. określenie wpływu na szybkość danego procesu fizykochemicznego takich zmiennych jak temperatura, ciśnienie i stężenie reagentów, tj. czynników posiadających, jak już wiemy, istotny wpływ także na położenie równowagi termodynamicznej układu. Jeśli np. stal węglową, której struktura w temperaturze np. 1123 K (850°C) byłaby austenityczna, zahartujemy w wodzie, to możemy otrzymać metatrwałą strukturę martenzytyczną. Stal o tej strukturze wykazywać będzie w temperaturze pokojowej tendencję do przemiany w mieszaninę ferrytu i cementytu, stanowiącą w tych warunkach układ bliższy stanowi równowagi (o niższym zapasie entalpii swobodnej), lecz szybkość tej przemiany jest tak mała, że martenzyt może pozostawać w temperaturze pokojowej bez widocznych oznak

przemiany przez czas nieograniczenie długi. Jednakże wyżarzanie np. w temperaturze 923 K (650°C) wywoła całkowitą przemianę na ferryt i cementyt w ciągu 1 godziny.

Ze względu na specyfikę mechanizmu procesów, a co za tym idzie, ich kinetykę, rozróżnia się przede wszystkim procesy fizykochemiczne (np. reakcje chemiczne) przebiegające w układach homogenicznych oraz procesy zachodzące w układach heterogenicznych.

Reakcje homogeniczne zachodzą wewnątrz jednej fazy, jaką stanowi rozpatrywany układ. Są to zwykle reakcje odbywające się w układach gazowych lub w roztworach ciekłych (np. wodnych, kiedy zarówno substraty, jak i produkty rozpuszczają się w wodzie).

Reakcje heterogeniczne zachodzą w układach wielofazowych, jak to już wspomniano wyżej, zwykle na granicy faz, w których rozpuszczalne są substraty lub produkty reakcji, przy czym często (np. w przypadku układu dwufazowego) jedne substraty tej samej reakcji rozpuszczają się w jednej fazie, inne w drugiej, a produkt albo w pierwszej, albo też w drugiej, a czasem nie rozpuszcza się w żadnej z faz układu (np. reakcja odtleniania osadowego kąpielii ciekłej stali metalicznym glinem albo reakcja odfosforowania stali, która przebiega właśnie na granicy faz metal – żużel). Jak to wynika z przypomnianych wyżej przykładów charakterystyczną cechą reakcji towarzyszących procesom metalurgicznym i odlewniczym jest ich heterogeniczny charakter.

Główne typy reakcji heterogenicznych jakie mają miejsce w procesach metalurgicznych i korozji metali to:

- gaz – ciało stałe, np. redukcja rudy żelaza przy pomocy CO w wielkim piecu lub utlenianie metali,
- gaz – ciecz, np. wdmuchiwanie tlenu lancą w procesach stalowniczych,
- ciecz – ciecz, np. reakcje pomiędzy ciekłym żużlem a kąpielą metalową,
- ciecz – ciało stałe, np. reakcje korozji, reakcje ciekły metal – wyłożenie ogniotrwałe, ciekły metal – masa formierska,
- ciało stałe – ciało stałe, np. redukcja tlenku cynku przy pomocy koksu.

W tego typu reakcjach o szybkości procesu może decydować szybkość transportu reagentów, np. z głębi fazy żużla lub metalu do miejsca reakcji, lub też odtransportowywania produktów reakcji z miejsca reakcji w głąb jednej z powyższych faz (tych, w których dany produkt jest rozpuszczalny). Miejsce reakcji stanowi zazwyczaj granica faz żużel – metal, metal – masa formierska, metal – gaz itp., natomiast transport reagentów odbywa się na drodze dyfuzji lub częściej konwekcji i dyfuzji (tzw. dyfuzja konwekcyjna).

W pewnych przypadkach (zazwyczaj w początkowym stadium danej reakcji homogenicznej) etapem wyznaczającym ogólną szybkość reakcji może być szybkość tworzenia się zarodków nowej fazy, proces który z reguły napotyka na stosunkowo znaczne opory kinetyczne, jak np. w przypadku

tworzenia się pęcherzyków CO, w reakcji świeżenia węgla z kąpeli metalowej przy produkcji stali, albo niekiedy – fazy tlenkowej w procesie odtleniania osadowego kąpeli metalowej. Wszelkie reakcje heterogeniczne mają charakter złożony, zazwyczaj z kilku etapów następczych, często znacznie różniących się szybkością, przy czym o szybkości całego procesu będzie decydował etap najwolniejszy, tzw. etap limitujący (the rate limiting step) .

Stanowisko pomiarowe (w oparciu o normę branżową BN-76/4024-05)

Zakres badania: Oznaczanie ilości wydzielonych gazów w temperaturze 1000°C. Metodę można stosować do badania mas formierskich lub rdzeniowych w stanie wysuszonym, mas utwardzanych bez ogrzewania lub na gorąco, pokryć ochronnych w stanie wysuszonym, spoiw odlewniczych (próba przystosowania).

Zasada metody polega na określeniu ilości gazów powstałych w temperaturze 1000°C przy rozkładzie związków organicznych i nieorganicznych znajdujących się w badanej próbce, w zależności od atmosfery.

Aparatura pomiarowa:

- piec rurowy (poziomy, jednostrefowy) PRC 30M/1300 o zakresie pracy od 20 do 1300°C z automatycznym programatorem i wentylatorem do szybkiego chłodzenia (rys. 2);
- pompa perystaltyczna do rejestracji danych (rys. 3).



Rysunek 2. Piec rurowy do badania wydzielalności gazów

Przebieg badania:

- w zależności od rodzaju badanego materiału przygotować próbkę do badań o masie 3 g ($\pm 0,05$ g) i umieścić ją w ceramicznej łożeczce (do czasu badania próbkę przechowywać w eksykatorze);
- piec należy nagrzać wolno do temperatury 1000°C;

- przygotować przestrzeń pomiarową i zmontować układ (rura kwarcowa, łożeczek z próbką, doprowadzenie atmosfery);
- załączyć pompę pomiarową wraz z rejestracją danych;
- otworzyć zawór doprowadzający gaz i przedmuchiwać przestrzeń pomiarową przez 1 minutę;
- wprowadzić próbkę do pieca za pomocą magnesu i zarejestrować przebieg procesu;
- przerwać rejestrację pomiaru w chwili ustabilizowania się wyników pomiaru, zapisać pomiar.



Rysunek 3. Pompa perystaltyczna do rejestracji danych

Wpływ atmosfery na rozkład związków

Atmosfera pieca to środowisko gazowe w przestrzeni roboczej pieca. Opisuje ją skład chemiczny, temperatura i ciśnienie. Atmosfera pieca może być naturalna lub technologiczna (atmosfera aktywna), wywołująca przewidziane procesem technologicznym zmiany we wsadzie – zwykle gazowego nawęglania, cyjanowania, redukowania:

- o atmosferze redukcyjnej mówi się, gdy zawiera reduktory (np. H_2 , CO), zwykle w celu redukowania tlenków do czystych metali;
- atmosfera utleniająca to taka, w której zawarte są utleniacze (np. O_2 , CO_2);
- atmosfera dyfuzyjna – stosowana w celu uzyskania zmian w grzanym materiale w drodze dyfuzji;
- atmosfera ochronna – zabezpieczająca wsad przed niepożądanymi zmianami.

W pewnych przypadkach środowisko gazowe pieca jest w ogóle niewskazane np. piec próżniowy. Atmosfera kontrolowana to sztucznie wytworzone środowisko gazowe o składzie chemicznym regulowanym samoczynnie.

Temperatura w której rozpoczyna się rozkład związków stanowi miarę stabilności termicznej związków chemicznych. Temperatura początku rozkładu zależy od przyjętej właściwości, która ulega zmianie z chwilą rozpoczęcia rozkładu i warunków prowadzenia pomiarów – w szczególności szybkości ogrzewania próbki. Niekiedy badania stabilności termicznej prowadzi się w warunkach izotermicznych i wtedy miarą stabilności termicznej jest czas po upływie którego obserwuje się początek rozkładu próbki. Badania stabilności termicznej prowadzi się w atmosferze:

- a) obojętnej: N_2 , Ar;
- b) utleniającej: O_2 , $O_2 + 4N_2$ (powietrze);
- c) innych gazów, np. CO_2 .

Atmosfera często wywiera znaczny wpływ na rozkład badanych substancji. Atmosfera zawierająca tlen często ułatwia rozkład związków organicznych, gdyż może on pełnić rolę inicjatora reakcji wolnorodnikowych. Rozkład może przebiegać przy współdziałaniu tlenu zawartego w atmosferze pieca – przy współdziałaniu reakcji utleniania.

Literatura

- [1] Bobrowski A., Holtzer M., Dańko R., Żymankowska-Kumon S.: Analysis of gases emitted during a thermal decomposition of the selected phenolic binders. *Metalurgia International* 2013, vol. 18, spec. iss. 7, 259-261.
- [2] Holtzer M., Bobrowski A., Dańko R., Żymankowska-Kumon S., Kolczyk J.: Influence of a liquid metal temperature on a thermal decomposition of a phenolic resin. *Archives of Foundry Engineering* 2013 vol. 13 iss. 2, 35-38.
- [3] Holtzer M., Dańko R., Dańko J., Kubecki M., Żymankowska-Kumon S., Bobrowski A., Spiewok W.: Ocena szkodliwości materiałów wiążących stosowanych do mas formierskich i rdzeniowych nowej generacji (praca zbiorowa). Wydawnictwo Naukowe Akapit 2013, Kraków. ISBN: 978-83-63663-19-3.
- [4] https://pl.wikipedia.org/wiki/Atmosfera_pieca, 2015-07-19.
- [5] Lewandowski J.L. and Solarski W., Klasyfikacja mas formierskich i rdzeniowych pod względem toksyczności, *Przegląd Odlewnictwa*, vol. tom 44, nr, 115-123.
- [6] Lewandowski J.L., Solarski W., Pawłowski Z.: Klasyfikacja mas formierskich i rdzeniowych pod względem gazotwórczości, *Przegląd odlewnictwa*, vol. 43, 143-148.
- [7] Łazarewicz T.: Stabilność termiczna tworzyw sztucznych, *Materiały z Katedry Technologii Polimerów*.