

Nowe materiały jako zamienniki pyłu węglowego w masie formierskiej z lepiszczem bentonitowym, stosowanej do wytwarzania odlewów żeliwnych.

Węgiel błyszczący, definicje.

W syntetycznych masach formierskich bentonitowych stosowanych do wykonywania odlewów żeliwnych, oprócz piasku kwarcowego i bentonitu, powszechnie stosowanymi składnikami organicznymi, niezbędnymi technologicznie są: odlewniczy pył węglowy, lub materiały bardziej zaawansowane technologicznie, to jego zamienniki. Stosowanie pyłu węglowego lub zamienników pozwala na otrzymanie dobrych jakościowo odlewów, bez braków odlewniczych, a zwłaszcza o dobrej jakości ich powierzchni. Stosując odlewniczy pył węglowy, warunkiem podstawowym uzyskania odlewów o dobrej jakości, bez wad odlewniczych, jest dobór odpowiedniego gatunku węgla z którego wykonany zostanie pył węglowy. Zamiennikami pyłu węglowego są najczęściej kompozycje kilkuskładnikowe, o działaniu znacznie korzystniejszym od pyłu węglowego, zarówno pod względem technologicznym jak i ekologicznym.

Podczas wykonywania odlewów, w czasie zalewania formy ciekłym metalem oraz podczas stygnięcia odlewów, pod wpływem wysokiej temperatury materiały organiczne zawarte w masie formierskiej, a więc pył węglowy, jego zamienniki, inne dodatki organiczne, np. żywice stosowane do wykonywania form i rdzeni, ulegają pirolizie. Jej produkty oprócz oddziaływania na jakość odlewów, szczególnie na ich powierzchnię, mają wpływ na środowisko naturalne, w wyniku emisji gazów, w tym także szkodliwych lotnych związków, wydzielających się z formy odlewniczej. Procesowi pirolizy towarzyszy powstawanie frakcji węgla pirolitycznego, z danych literaturowych [1,2,3] wiadomo o występowaniu w węglu pirolitycznym frakcji: węgla błyszczącego i amorficznego.

„Węgiel błyszczący” według opracowanej w latach 70-tych definicji, jest to jedna z mikrokrystalicznych odmian węgla, w odróżnieniu od znanych krystalicznych postaci takich jak grafit i diament, lub amorficznych jak sadza. Wykazuje on zorientowaną strukturę warstwową. Płaszczyzny atomowe układają się równolegle do powierzchni osadzania i stanowią ciągle warstwy podobne do grafitowych, jednak nie wykazują uporządkowania charakterystycznego dla grafitu. Po nagrzaniu do 2700⁰C węgiel błyszczący ulega grafityzacji, uzyskując strukturę heksagonalną [4, 5].

Stan wiedzy w tematyce dotyczącej badania węgla błyszczącego oraz nowe metody badawcze.

Korzystne oddziaływanie pyłu węgla kamiennego na jakość odlewów otrzymywanych w masach formierskich bentonitowych znane jest od dawna. W podręczniku z 1843 roku C. Hartman [6] podał jedno z pierwszych wyjaśnień jego oddziaływania i uznał go jako konieczny składnik masy formierskiej. W roku 1963 A Kolorz i K. Lohberg [7] ogłosili nową, oryginalną hipotezę wyjaśniającą mechanizm oddziaływania pyłu węglowego na jakość powierzchni odlewów tj. tworzeniem się tzw. „węgla błyszczącego”.

Według teorii „węgla błyszczącego” w czasie zalewania i krzepnięcia metalu w formie odlewniczej, masa formierska nagrzewa się, a będący w niej dodatek pyłu węglowego ulega częściowemu zgazowaniu. Ilość i skład powstałej fazy gazowej zależy od rodzaju i ilości dodatku węglowego. Faza gazowa ma skład redukcyjny i zawiera różne węglowodory. W wyniku termicznego rozkładu węglowodorów, na chemicznie obojętnych powierzchniach, a więc na powierzchniach ziaren piasku kwarcowego nagrzanego do temperatury 650–1200 °C, osadza się „węgiel błyszczący”. Warstewka „węgla błyszczącego” grubości ok. 10^{-1} μm przylegając do osnowy ziaren piaskowych, jako niezwilzalna przez ciekły metal, zapobiega jego penetracji mechanicznej w głąb masy oraz izoluje chemicznie materiał formy od metalu. Zapobiega tym samym reakcjom chemicznym między tlenkami stopu, a składnikami masy formierskiej, dzięki temu, powierzchnia odlewu jest gładka i wolna od przypaleń masy.

W roku 1964 I. Bindernagel opracowała aparat do oceny zdolności do wytwarzania „węgla błyszczącego” z pyłów węglowych oraz metodykę pomiaru [8], jest to metoda tzw. „wagowa”. W metodzie tej w wyniku prażenia naważki badanego materiału, w temperaturze 875°C, w aparaturze kwarcowej następuje jej częściowe zgazowanie, z fazy gazowej krystalizują produkty pirolizy, a więc węgiel błyszczący oraz węgiel w postaci amorficznej i osadzają się na powierzchniach waty kwarcowej znajdującej się w aparacie kwarcowym, a także na jego powierzchniach. Wagowo określa się procentową zawartość wytworzonego tzw. węgla błyszczącego (WB), w stosunku do badanej próbki. W Polsce na podstawie tej metody w roku 1978 została opracowana norma branżowa BN-88/ 4024-09 [9].

Metoda I. Bindernagel jest najbardziej rozpowszechnioną i właściwie jedyną stosowaną do chwili obecnej w krajach UE. Wady tej metody to mała dokładność, duża pracochłonność badań i przez to stosowana jest głównie przez producentów pyłu węglowego i zamienników, w odlewniach raczej nie jest stosowana. W rzeczywistości metodą tą dokonuje się pomiaru zdolności do tworzenia się sumarycznej ilości węgla pirolitycznego, a więc węgla

błyszczącego i amorficznego. Jest to istotna informacja, ponieważ nie jest w pełni znany wpływ każdej z tych frakcji na jakość powierzchni odlewów.

Inną metodą badania WB jest metoda opracowana w Niemczech, firmy IFG Düsseldorf, wykorzystano w niej inne zjawisko fizykochemiczne. Oparta jest ona o próżniową pirolizę próbki, a następnie pomiar zmiany rezystancji drutu wolframowego przed i po procesie kondensacji na nim węgla pirolitycznego. Metoda ta jak dotychczas nie znalazła uznania w środowisku odlewniczym.

W roku 2000 w wyniku współpracy Przemysłowego Instytutu Elektroniki w Warszawie oraz pracowników Katedry Odlewnictwa VSB w Ostrawie zaprojektowano i wykonano nowe urządzenie elektroniczne umożliwiające oznaczanie węgla błyszczącego. Do określania ilości węgla błyszczącego zastosowano detektory wykorzystujące pochłanianie promieniowania podczerwonego typu NDIR (ang. Non-Dispersive InfraRed). Pomiar przebiega automatycznie, sterowany jest z komputera osobistego wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie i kartę sprzęgającą komputer z piecem [10]. Cykl pomiarowy trwa ok. 10 do 20 minut, tj. wielokrotnie krócej niż w przypadku dotychczas stosowanej metody. Automatyzacja procesu pomiarowego umożliwia wyeliminowanie wpływu czynnika ludzkiego na wyniki pomiarów, a przez to gwarantuje ich wysoką powtarzalność i obiektywność. do chwili obecnej trwały prace nad udoskonaleniem tej metody. Całym procesem steruje komputer co pozwala na szybki i powtarzalny pomiar, bezpośrednią edycję i archiwizację wyników pomiarowych.

Rys. 1. Aparat do badania węgla błyszczącego z sondą NDIR, z zastosowaniem automatycznego analizatora typu AWB-50/1000



Podstawowe dane techniczne aparatury:

- metoda detekcji adsorpcja w podczerwieni,
- zakresy pomiarowe:

- pył węglowy, zamienniki, mieszanki z bentonitem, masy formierskie 0,0 -20,0%

WB,

- tworzywa sztuczne i zamienniki pyłu do 90% WB,

- dokładność pomiaru: $\pm 2\%$,
- czas wykonania pomiaru 10 - 20 min.

Obecnie aparat taki typu AWB-50/1000 znajduje się w Instytucie Odlewnictwa, z jego użyciem wykonywane są oznaczenia węgla błyszczącego w różnych materiałach, a więc w pyłe węglowym, w zamiennikach pyłu węglowego, w mieszankach bentonit - zamiennik pyłu węglowego, lub bentonit – pył węglowy, a także w masach formierskich pochodzących z odlewni. Należy zwrócić uwagę na te ostatnie badanie, to jest WB w masach formierskich, wynik tego badania jest bardzo istotny ponieważ zawartość WB w masie formierskiej decyduje bezpośrednio o jakości powierzchni odlewów, na podstawie wyniku tego badania możemy udzielić porady, odnośnie optymalnej wartości WB dla każdej odlewni oraz dla produkowanego asortymentu odlewów.

Nowe materiały stosowane w masach formierskich w produkcji odlewów żeliwnych

Rosnące wymagania dotyczące jakości odlewów, a także problemy dotyczące ekologii podczas stosowania pyłu węglowego przyczyniło się do podjęcia szeregu prac badawczych dotyczących opracowania jego zamienników. Jak wspomniano na wstępie są to zwykle kilkuskładnikowe kompozycje, zawierające w swoim składzie niewielką ilość odpowiedniej jakości pyłu węglowego, intensyfikujące jego działanie specjalne żywice bitumiczne, a także materiały absorbujące i redukujące wydzielające się szkodliwe gazy.

Przykładowo stosowane odlewnicze pyły węglowe posiadają zdolność do tworzenia „węgla błyszczącego” około 7,0 do 10,0%, maksymalnie do około 11,5%, żywice będące składnikami zamienników pyłu węglowego około 50 – 60%, natomiast opracowywane zamienniki jak wykazała praktyka optymalnie 15 – 20%. Zwiększona zdolność do tworzenia się „węgla błyszczącego” z zamienników pozwala na znaczne ograniczenie tych dodatków w masie formierskiej, w porównaniu do pyłu węglowego, gwarantując uzyskanie dobrej jakości odlewów, bez wad odlewniczych, a szczególnie dobrej jakości powierzchni. Dla porównania pyłu węglowego dodaje się do masy formierskiej około 4 – 5%, zamiennika 1 – 1,5%. Tak znaczne obniżenie ilości dodatku organicznego w masie formierskiej, skutkuje dodatkowo zdecydowanie mniejszą emisją szkodliwych gazów.

Należy jednak podkreślić że zastosowanie zamiennika pyłu węglowego o dużej zdolności do tworzenia „węgla błyszczącego” nie rozwiązuje całości zagadnienia otrzymania

dobrej jakości odlewów, bez wad odlewniczych typu przypaleń, wżerów itp. Zamienniki stosowane do mas formierskich w tym także opracowany krajowy zamiennik o nazwie „ekomix” oraz mieszanki bentonit-ekomix spełniają w masie formierskiej bardzo specyficzne i istotne funkcje:

- ❖ zabezpieczają powierzchnię odlewów przed przypaleniem masy formierskiej, w wyniku swojej zdolności do tworzenia węgla błyszczącego (pozwala to na zmniejszenie ilości pracy i energii na oczyszczanie odlewów),
- ❖ wpływają na zmniejszenie chropowatości powierzchni odlewów, w wyniku oddziaływania na zmianę napięcia powierzchniowego, na granicy ciekły metal - materiał formy (poprawiają jakość, estetykę powierzchni odlewów),
- ❖ ograniczają zmiany dylatacyjne masy formierskiej, będące wynikiem rozszerzalności cieplnej piasku kwarcowego, we wnętrzu formy (związane jest to z oddziaływaniem wysokiej temperatury ciekłego metalu), w wyniku częściowego wypalania się zastosowanego dodatku oraz przejścia jego w stan plastyczny (penetracja pomiędzy ziarna piasku), dodatek taki przeciwdziała powstawaniu niektórych wad odlewniczych takich jak „żyłki”, „wada strupa”,
- ❖ zwiększają wytrzymałości masy formierskiej w strefie bezpośrednio przyległej do odlewu, tj. w strefie „przewilżonej” (w wyniku wiązania ziaren piasku przez penetrujące plastyczne, a następnie spiekające się cząstki zamiennika), co również przeciwdziała powstawaniu wad odlewniczych, głównie typu „strupa”,
- ❖ w wyniku zastosowania absorbentów chemicznych powodują ograniczenie emisji szkodliwych związków chemicznych wydzielających się z masy formierskiej, zagadnienie to w dalszej części zostanie omówione.

Należy jednak pamiętać że zastosowanie pyłu węglowego lub zamiennika w przypadku ich nadmiernej ilości w masie formierskiej może powodować powstawania wad odlewniczych typu „przerwy w ciągłości metalu”, lub wad pochodzenia gazowego w odlewach, typu „pęcherze”, „nakłucia”.

Produkcja opracowanych przez Instytut Odlewnictwa materiałów „ekomix” oraz mieszanek bentonit – ekomix została wdrożona w Przedsiębiorstwie Techniczno Handlowym CERTECH w Niedomicach k/ Tarnowa, obecnie materiały te wdrażane są w odlewniach żeliwa, jak wykazały wyniki badań materiały te znajdują zastosowanie do produkcji odlewów wykonywanych ze stopów aluminium.

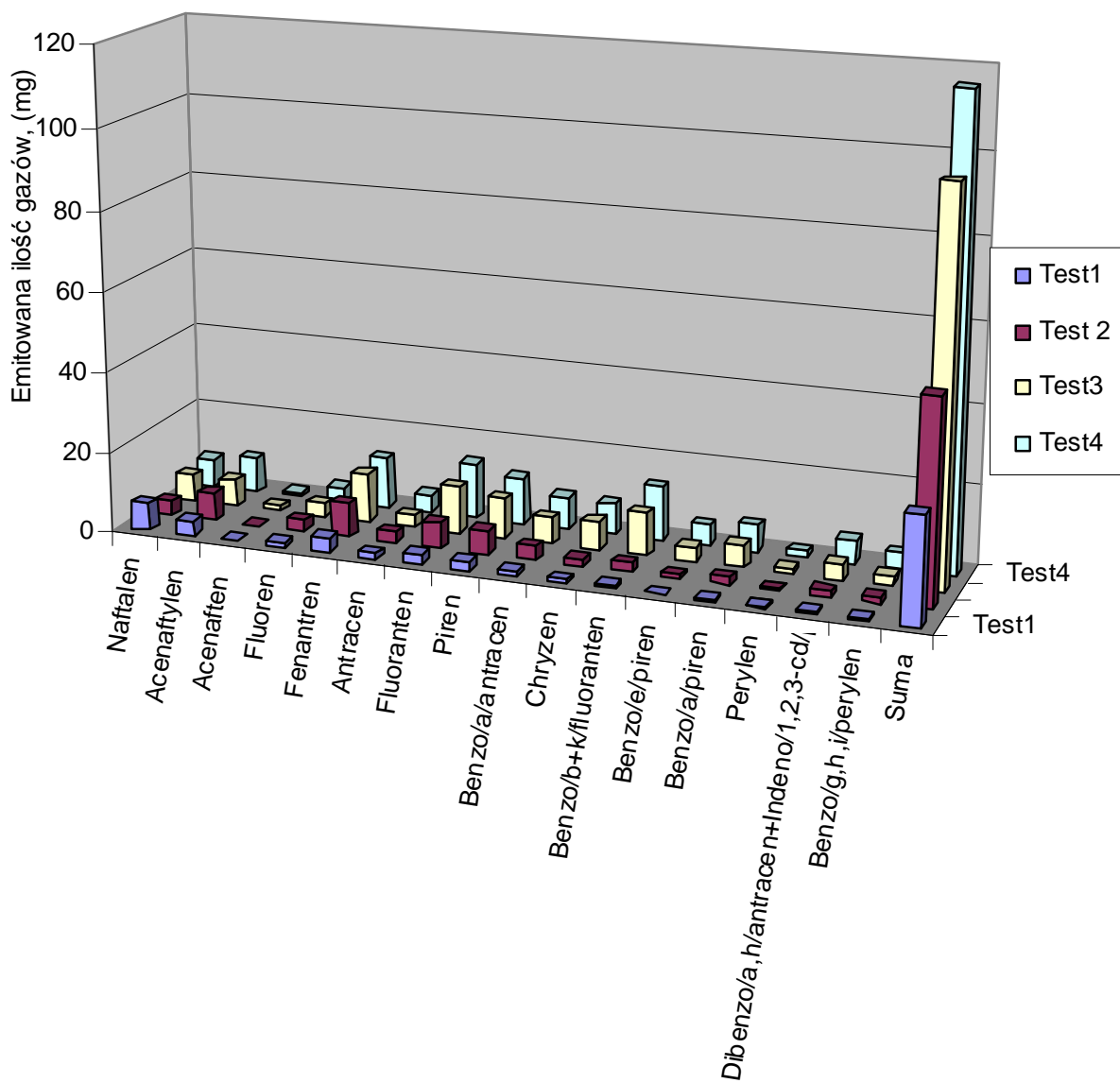
Oprócz konieczności otrzymania wysokiej jakości odlewów, jak wcześniej wspomniano bardzo istotnym zagadnieniem przy tego typu materiałach jest ekologia produkcji odlewów.

Stosowany obecnie powszechnie w masach bentonitowych odlewniczy pył węglowy i inne organiczne dodatki, oprócz korzystnego wpływu na jakość powierzchni odlewów powodują pewne niekorzystne zjawiska, a zwłaszcza wydzielanie się szkodliwych związków chemicznych, głównie w postaci gazów. Po zalaniu form ciekłym metalem, podczas wysokotemperaturowej pirolizy dodatków organicznych, prowadzącej do powstawania węgla błyszczącego, wydzielają się lotne związki organiczne oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatycznych (WWA), węglowodory benzolowe (BTX), które nie wzięły udziału w reakcjach termicznej polikondensacji i polimeryzacji. Są one szczególnie szkodliwe ze względu na ich działanie rakotwórcze, mutagenne i teratogenne

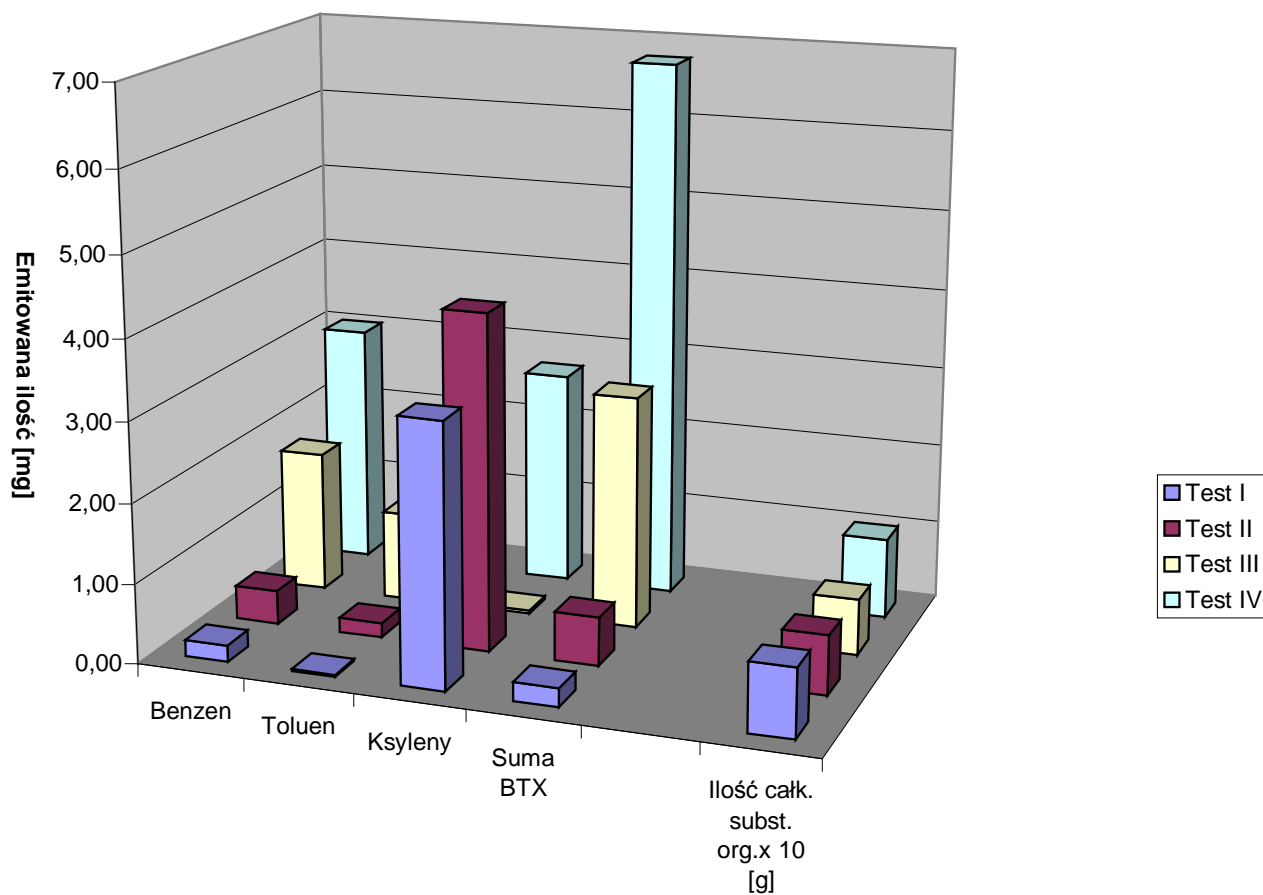
Kolejne szkodliwe związki wydzielające się z mas formierskich to dioksyny, furany, oraz lotne związki organiczne (VOCs), powstające z pyłu węglowego wykonanego z węgla który miał kontakt z chlorem. Związki te emitowane są do atmosfery, a także pozostają w strukturze odpadowych mas formierskich, stanowiąc zagrożenie w trakcie ich składowania (na składowiskach odpadów), lub podczas recyklingu masy obiegowej w odlewni. Stwierdzono że emisja szkodliwych związków wydzielających się z mas formierskich podczas wykonywania odlewów, a także ich ilość pozostająca w masach formierskich wyrzucanych na wysypiska może się znacznie różnić, nawet trzech do ośmiokrotnie.

Poniżej na rys. 2 i 3 pokazano w postaci wykresów wyniki badań emisji związków typu WWA oraz BTX wydzielających się w czasie wykonywania odlewów z mas formierskich zawierających pył węglowy oraz dla porównania opracowany zamiennik „ekomix”. Przedstawione wyniki badań wyraźnie pokazują jak znacznie korzystniejszy pod względem ekologicznym jest opracowany zamiennik od pyłu węglowego. Na kolejnym rysunku 4 zestawiono w postaci wykresów wyniki badań ilość gazów wydzielających się w określonym czasie z mas formierskich (kinetyka wydzielalności gazów), zawierających badane dodatki podczas testów pomiarowych. Masa do badań została pobrana z jednej z odlewni w czasie gdy stosowano w niej pył węglowy, a następnie gdy zastosowano w niej materiał „ekomix”. Zastosowanie „ekomixu” umożliwiło zmniejszenie ilości wydzielających się gazów z mas formierskich o około 30%, jest to oczywiście korzystne.

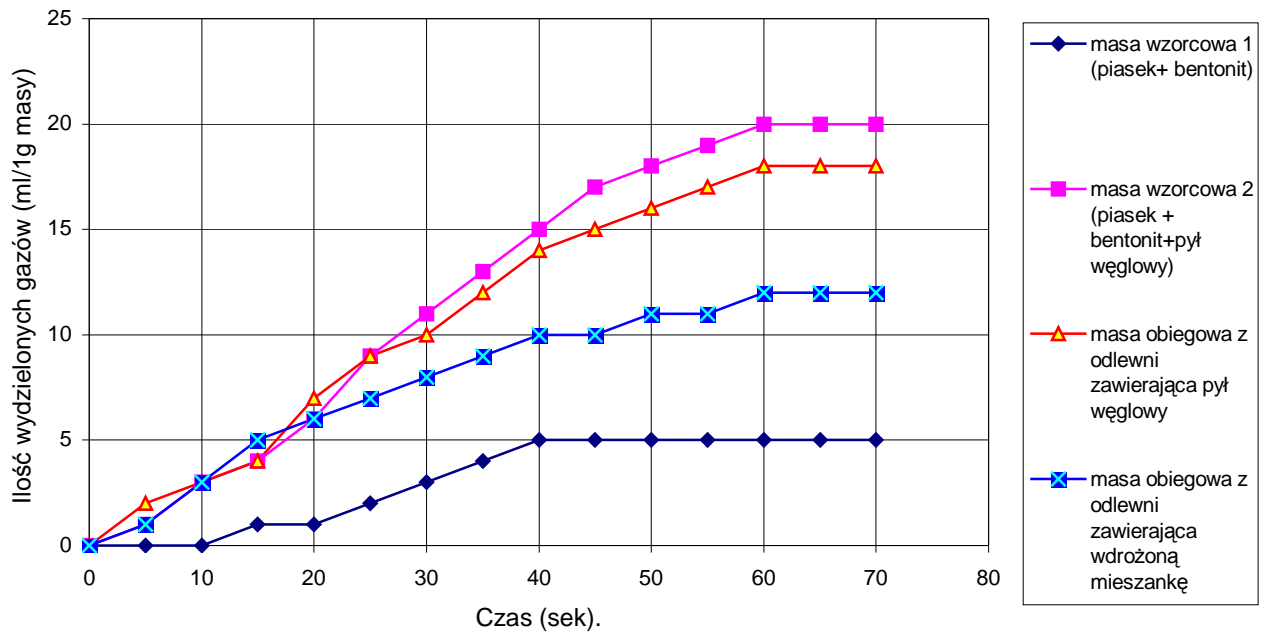
Rys.2. Ilość związków z grupy WWA emitowanych z mas formierskich. Test 1 i 2 – masy z zamiennikiem „ekomix”, test 3 i 4 – masy z pyłem węglowym.



Rys. 3. Ilość węglowodorów BTX oraz całkowitej substancji organicznej w odgazach uzyskanych podczas zalewania form ciekłym metalem i stygnięcia odlewów. Test 1, 2- masy zawierające zamiennik „ekomix”, test 3, 4- masy zawierające pyły węglowe.



Rys.4. Kinetyka wydzielalności gazów z badanych mas formierskich w odlewni.



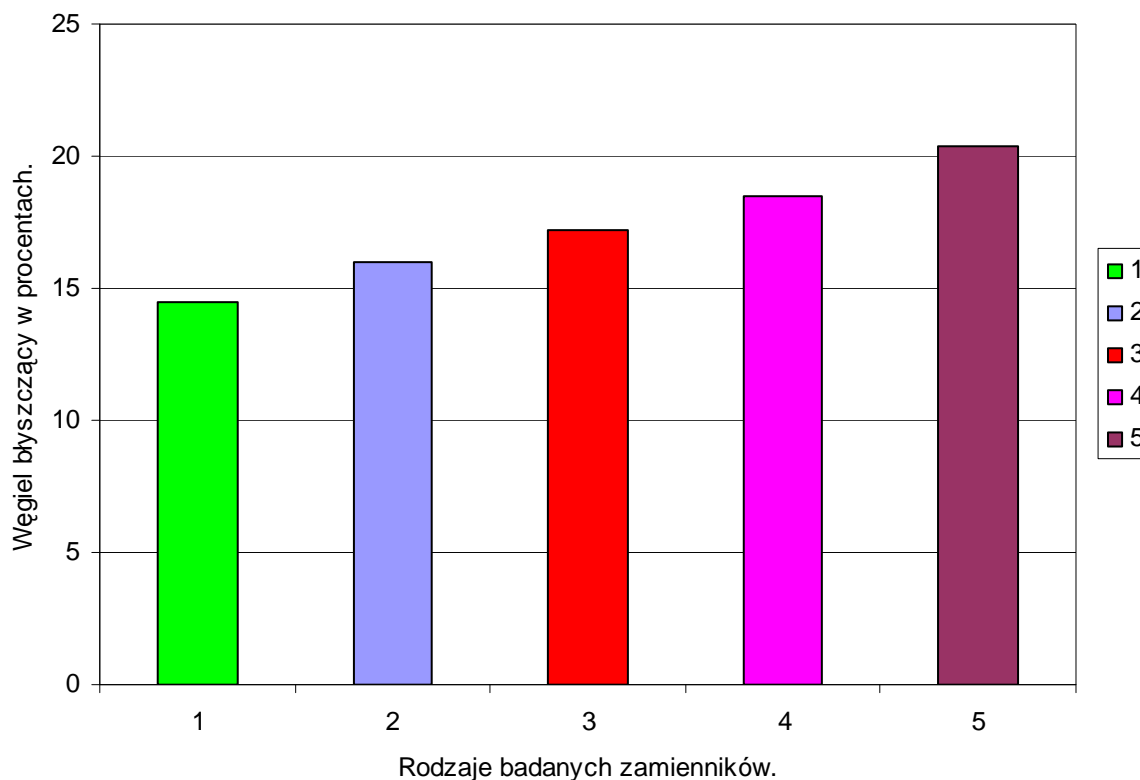
Najistotniejsze zalety mas formierskich stosowanych do wykonywania odlewów z materiałem „ekomix”, w porównaniu do stosowania w tych masach pyłu węglowego są następujące:

- ❖ wysoka zdolność do tworzenia węgla błyszczącego to jest 16 do 18 %, umożliwiającą uzyskanie wysokiej jakości powierzchni odlewów oraz na łatwe sterowanie jakością powierzchni odlewów ,
- ❖ zużycie nowego materiału w masie formierskiej wynosi 30 do 50% w porównaniu do odlewniczego pyłu węglowego, a więc zmniejszono ilości substancji organicznej biorącej udział w pirolizie,
- ❖ masa formierska posiada lepszą „przepuszczalność” oraz „zagęszczalność”, ze względu na zawartość w niej mniejszej ilości cząstek pylistych,
- ❖ całkowita wydzielalność gazów z masy formierskiej jest mniejsza o ok. 30 %, w porównaniu do mas z odlewniczym pyłem węglowym rys [4],
- ❖ zmniejszona wydzielalność takich szkodliwych gazów jak: tlenek węgla (CO)- około trzykrotnie, węglowodory benzolowe BTX (benzen ,toluen, ksylen)- około 8 krotne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)- około 3 krotne rys[2,3],
- ❖ mniejsza ilości wad odlewniczych pochodzenia gazowego typu „pęcherze gazowe”, „nakłucia”.

Badanie węgla błyszczącego w materiałach typu mieszanki: bentonit-pył węglowy lub bentonit - zamiennik, wyniki badań.

Kierunkiem lansowanym od dłuższego czasu w praktyce odlewniczej, przy wykonywaniu odlewów żeliwnych, jest stosowanie do ich wykonywania oprócz wody dwóch podstawowych składników masy formierskiej. Pierwszy z nich tj. masa obiegowa, a drugi to mieszanka zawierająca bentonit - pył węglowy, lub bentonit – zamiennik. W mieszankach tych są zawarte pozostałe dodatki np poprawiające płynność masy formierskiej, jej elastyczność i inne właściwości. Mieszanki takie przygotowywane są przez producenta bentonitu.

Rys. 5. Wyniki badania parametru węgiel błyszczący dla różnych rodzajów zamienników pyłu węglowego.



Jest to słuszne podejście ponieważ z uwagi na stosowanie bardzo niewielkich ilości, bardzo intensywnie działających dodatków, wymagana jest bardzo dobra jednorodność masy formierskiej. Stosowane w stacji przerobu mas w odlewni mieszarki mają bardzo krótkie cykle mieszania (ok. 60 - 90 sek.) dlatego nie są w stanie zagwarantować wymaganą jednorodność masy, gdy wprowadza się do nich podczas odświeżania jednocześnie np. cztery lub pięć składników. Przeprowadzone odpowiednie badania wykazały że stosując specjalistyczne mieszarki o bardzo wysokiej sprawności mieszania (wyższą od stosowanych

w odlewni mieszarek), w celu wykonania jednorodnej mieszanki bentonitu z zamiennikiem wymagane były czasy mieszania około 15 minut.

Sytuacja taka powoduje jednak pewne konsekwencje, ponieważ stosując mieszanki bentonit – nośnik WB, występują znaczne problemy z określeniem zdolności do tworzenia WB dla tych mieszanek, ze względu na zupełnie różny charakter występujących w nich substancji. O ile producent tych materiałów nie ma takiego problemu, ponieważ może dokładnie zbadać węgiel błyszczący w nośniku przed zmieszaniem tych materiałów, to jednak odlewnie praktycznie nie mają możliwości kontroli ilości WB w dostarczonym materiale.

Poniżej podano jeden z przykładów dotyczący niektórych parametrów fizykochemicznych i technologicznych jakie w swoich atestach przedstawiają ich producenci. Jak widzimy oddzielnie przedstawiane są informacje o bentonicie i oddzielnie dla nośnika węgla błyszczącego, informacja ta jednak niewiele daje odbiorcy mieszanki tych produktów, nie może ich wszystkich sprawdzić, a zwłaszcza zdolności do tworzenia WB. Parametr ten jest jeden z najistotniejszych, w zależności od jego zawartości cena mieszanki może wzrosnąć nawet dwukrotnie.

Tablica 2

Przykładowe parametry technologiczne i inne informacje dotyczące materiałów odlewniczych.

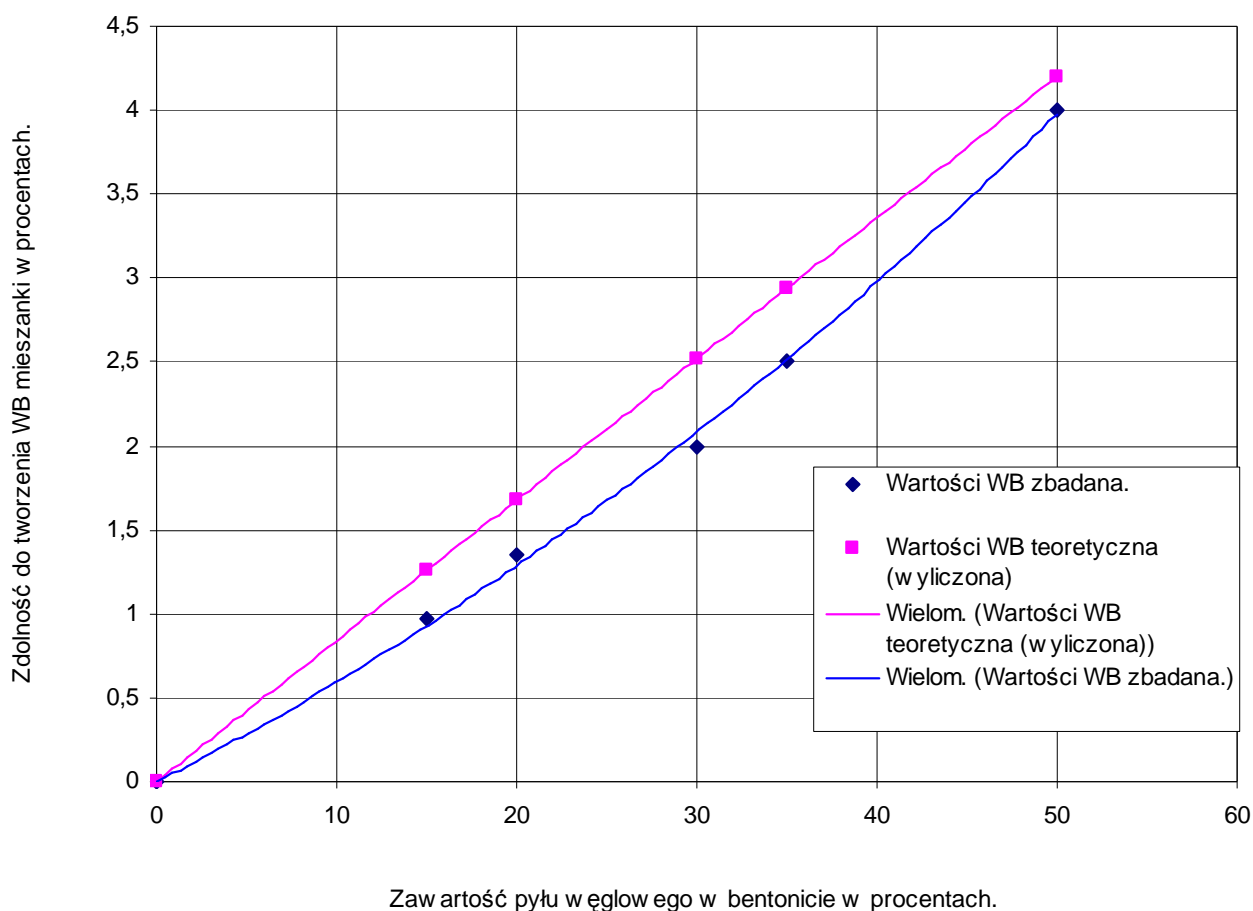
Nośnik węgla błyszczącego		Bentonit	
Zdolność tworzenia węgla błyszczącego	16%	Zawartość wody	10%
Składniki lotne	42%	Wskaźnik metylowy	300 mg/g
Zawartość C	82%	Zagęszczalność	45%
Zawartość wody	5%	Masa próbki do badań	150 g
popiół	6%	Wytrzym. na ściskanie na wilgotno	9,0 N/cm ²
Siarka	0,7%	Wytrzym. na ściskanie na sucho	17,0 N/cm ²
Gęstość nasypowa nośnika	ca. 600 g/l	Wytrzym. na rozciąganie na wilgotno	0,19 N/cm ²

W Instytucie Odlewnictwa przeprowadzono odpowiednie badania zdolności do tworzenia WB dla mieszanek, wyniki ich przedstawiono w postaci wykresów na rys. 6 i 7. Na rysunku nr 6 pokazano wyniki badań zdolności do tworzenia WB dla mieszanek bentonit – pył węglowy, na rysunku 7 dla mieszanek bentonit – zamiennik. W przypadku pierwszego wykresu zastosowany do badań pył węglowy posiadał zdolność do tworzenia WB = 8,4%, w czasie badań zmieniano proporcje ilościowe pyłu węglowego w bentonicie od 0,0 do 50%. Oś „Y” zawiera wyniki zdolności do tworzenia WB w procentach dla badanych mieszanek.

Na rysunku pokazano dwie krzywe, jedna teoretyczna, otrzymana w wyniku zbadania wartości WB dla pyłu węglowego, a następnie przeliczenia jego w mieszankach z bentonitem o określonej proporcji. Drugą krzywą otrzymano w wyniku pomiarów wartości WB bezpośrednio w mieszankach o określonych proporcjach.

Rys. 6. Wyniki badań zdolności do tworzenia WB dla mieszanki bentonit - pył węglowy.

Wykres kalibracji sondy WB, badania aparaturą z sondą NDIR.

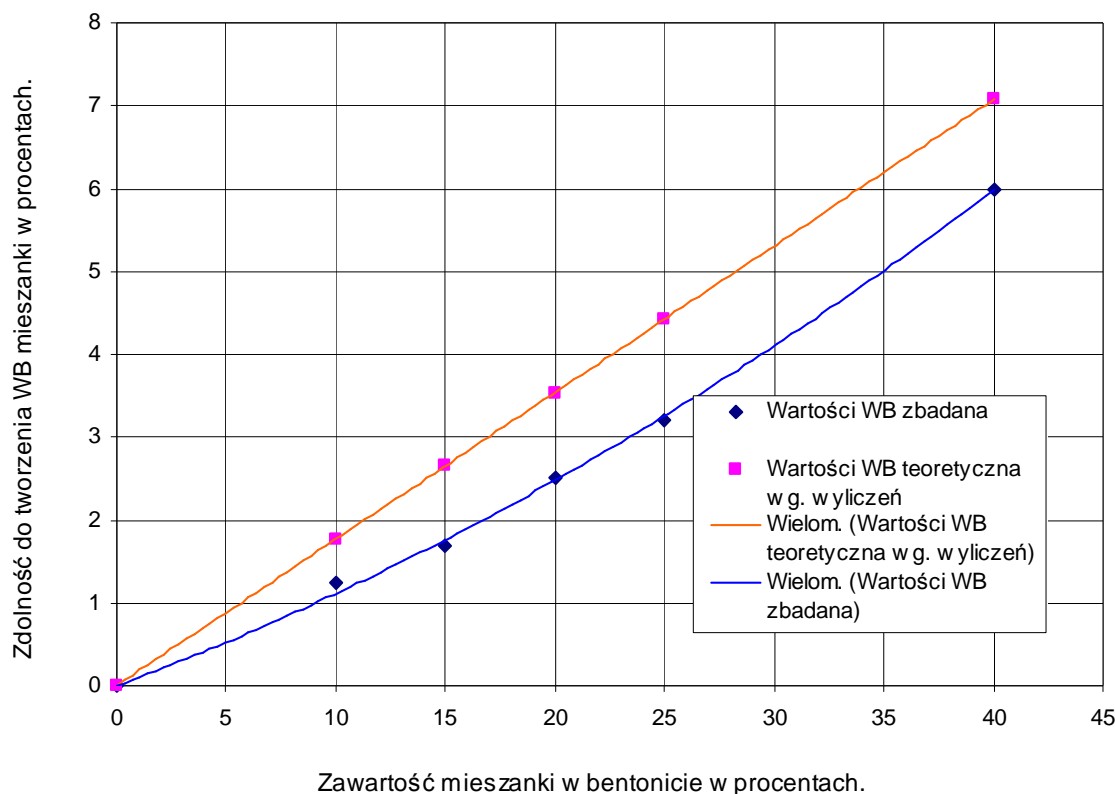


W przypadku rysunku 7 zastosowany nośnik węgla błyszczącego posiadał zdolność do tworzenia WB 17,7%, ilość nośnika w bentonicie zmieniała się od 0,0 do 40%, sposób postępowania był taki sam jak poprzednio.

Jak widać z przedstawionych wykresów zarówno dla mieszanek typu bentonit - pył węglowy, a także bentonit – zamiennik występują znaczne różnice pomiędzy wyliczoną (teoretyczną) zdolnością mieszanki do tworzenia WB, a praktyczną – wynikającą z badań.

Występujące różnice są spowodowane kilkoma przyczynami, pierwsza z nich to rozpad wody krystalicznej montmorylonitu który następuje w czasie pomiaru WB, w mieszankach w temperaturze 875⁰C. Prawdopodobnie wydzielający się tlen w czasie tego rozpadu utlenia węglowodory decydujące o tworzeniu się WB, dlatego mniejsza ilość WB krystalizuje w

Rys. 7. Wyniki badań zdolności do tworzenia WB dla mieszanki bentonit – zamiennik pyłu węglowego Wykres kalibracji sondy WB, badania aparaturą z sondą NDIR.



aparaturze kwarcowej i wynik badania jest mniejszy od teoretycznie wyliczonego. Drugą przyczyną niższego wyniku badania WB to znaczna powierzchnia ziaren mieszanki bentonitu z nośnikiem WB, przez którą przechodzą w czasie badania produkty pirolizy (węglowodory) tworzące WB. Na ziarnach tych krystalizuje również węgiel błyszczący, wartość ta nie jest uwzględniona w procedurze badania, powoduje to pomniejszenie wyniku oznaczenia.

Na podstawie przedstawionych wyników badań (wykresów) widzimy że nie można stwierdzić, czy dostarczony przez producenta materiał (mieszanka bentonitu z pyłem węglowym, lub jego zamiennikiem) spełnia wymagania dotyczące WB. Należy dodatkowo zaznaczyć że w przypadku zmiany rodzaju bentonitu zastosowanego do produkcji mieszanki przedstawione wyniki badań mogą być inne. Z tego powodu odbiorca mieszanek wraz z dostawą mieszanki powinien żądać jednocześnie próbki czystego bentonitu oraz nośnika z których została wykonana mieszanka. W wyniku badania tych materiałów oraz badania dostarczonej mieszanki można jednoznacznie ocenić jakość mieszanki.

Mgr Inż. Zbigniew Stefański,
Instytut Odlewnictwa Kraków ul Zakopiańska 73,
tel. (012) 2618 536, e-mail: zstef@iod.krakow.pl

LITERATURA CYTOWANA

1. Lewandowski J. L: Tworzywa na formy odlewnicze. Wydawnictwo "Akapit", Kraków 1997.
2. Wasin Yu., Aleksandrow W. M., Kulakow B. A.: Lit. Proizw. 6, 5 (1973).
3. Murza- Mucha P., i inni; Przegląd Odlewnictwa 1997, nr 10, s. 262-267.
4. 14. Hespers W.: Gisserei 59, 765 (1972).
5. Kolotilo. D. M., Cheladinow L. M.: Uglerodnyje liteinyje formy, Naukowa Dumka, Kijew (1971) p. 43, 44.
6. Hartman C.: Praktische Eisenhüttenkunde, Weimar (1843) p. 415, 443
7. Kolorz A., Orths K.: Giesserei 51, 723 (1964).
8. Bindernagel I., Kolorz A., Orths K.; Gisserei 12, s. 729-730 (1964).
9. Stefański Z. i in. norma BN-88/ 4024-09. Pomiar zawartości węgla błyszczącego. Pył węglowy odlewniczy i jego zamienniki.
10. Witowski A, i inni,. Zgłoszenie patentowe nr 376393/2005, Sposób określania zawartości frakcji węgla amorficznego i frakcji węgla błyszczącego w produktach pirolitycznych, powstających z materiałów węglotwórczych stosowanych jako dodatki, zwłaszcza w masach formierskich oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.
11. G. Brümmer, Giesserei 2001 r., nr 3, s. 40-44.