

ZJAWISKO EROZJI W FORMACH WYKONYWANYCH Z MAS ZE SPOIWAMI CHEMICZNYMI

J. ZYCH¹, J. MOCEK²

Katedra Technologii Form Odlewniczych Wydziału Odlewnictwa AGH,
ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

Wykonano badania nad określeniem odporności erozyjnej mas wiązanych spoiwami chemicznymi: żywicami furanowymi i szkłem wodnym. Zjawisko erozji w masach ze spoiwami organicznymi przebiega intensywnie szczególnie przy słabym zagęszczeniu masy i wysokiej temperaturze metalu. Formy z tych mas muszą mieć zabezpieczoną powierzchnię roboczą odpowiednią powłoką. Erozja formy ze szkłem jest mniej intensywna, ale może obejmować większe powierzchnie z uwagi na wysoką osypliwość tej masy, wymagają więc również stosowania pokryć ochronnych.

Key words: erosion of moulds, cast iron, sand moulds, chemical binders, method of testing

1. WPROWADZENIE

W formach wykonywanych z mas wiązanych spoiwami chemicznymi produkuje się najczęściej odlewy średnie i duże, często o bardzo rozwiniętych powierzchniach, które nie podlegają obróbce mechanicznej. Jedną z podstawowych cech jakościowych odlewów jest stan ich powierzchni, który kształtowany jest bezpośrednio w formie podczas krzepnięcia lub pośrednio poprzez obróbkę oczyszczającą. Oczyszczanie odlewów jest jednym z najbardziej uciążliwych zabiegów technologicznych tak dla załogi jak i mikrośrodowiska - wydziału oczyszczalni w odlewni. Ponadto pociąga za sobą bardzo wysokie koszty, w przypadku mas ze spoiwami chemicznymi koszty te sięgają w niektórych odlewniach około 120 EU/t. [1]. Obróbka powierzchni to najczęściej usuwanie wad związanych z nadmierną penetracją metalu, zapiaszczeniem, zażużeniem, ale również związanych ze zdarciem masy przez płynący metal czyli tzw.

¹ dr inż., jzych@uci.agh.edu.pl

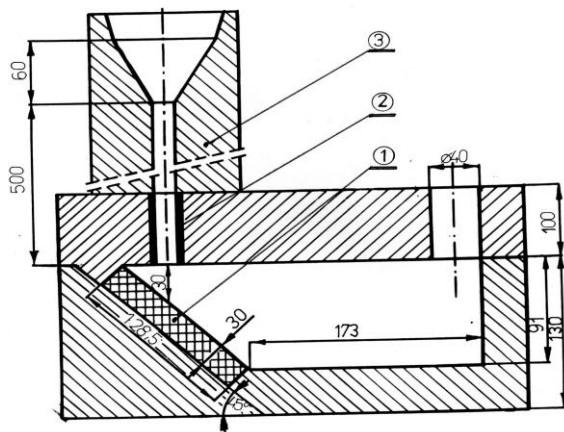
² mgr inż.

erozją. Ogólnie zjawisko erozji nasila się gdy dynamika strumienia metalu jest większa, temperatura metalu wyższa i czas działania strumienia dłuższy. Wykonywanie dużych gabarytowo odlewów w masach ze spoiwami chemicznymi wiąże się z koniecznością zalewania form przy stosunkowo wysokim ciśnieniu metalostatycznym (i dużej dynamice strumienia) oraz przez proporcjonalnie do ciężaru odlewu długi okres czasu. Dlatego stosowanie tych mas musi uwzględnić wysoki stopień ryzyka występowania zjawiska erozji form. Ubocznym skutkiem zdarć masy, niekiedy jeszcze bardzo niebezpiecznym i uciążliwym, jest powstawanie zapaszczeń w odlewach. Wymyta i zdarta przez strumień metalu masa przemieszczana jest w górne partie odlewów tworząc zapaszczenia, które często ujawniane są dopiero po zdjęciu naskórka, podczas obróbki mechanicznej wykonywanej bardzo często już u odbiorcy odlewów. Zjawisko erozji, aczkolwiek powszechne znane, nie zostało dotąd wystarczająco zbadane, a szczególnie w odniesieniu do mas ze spoiwami chemicznymi. Niniejsza praca stanowi przyczynek do badań z tego zakresu.

2. BADANIA WŁASNE

2.1. Metodyka badawcza

Badania odporności mas formierskich na erozyjne działanie ciekłego metalu prowadzono na stanowisku pokazanym na rysunku 1. Tak wkładka wykonana z badanej masy jak i cała forma były przygotowywane dla każdego pomiaru oddzielnie.



Rys. 1. Stanowisko badawcze do oceny odporności mas na erozyjne działanie metalu: 1 - wkładka badanej masy, 2 - wlew, 3 - nadstawka - forma [2,3,4].

Fig. 1. Mould (place) for evaluation the moulding sand' resistance for erosive activity of metal: 1-insert of examined moulding sand, 2- gate, 3- top-mould [2,3,4].

Do formy była każdorazowo montowana wkładka testowa przygotowywana z badanej masy przy kontrolowanym stopniu zagęszczenia. W badaniach prowadzono zmienny kąt pochylenia wkładki: 30, 45 o 60⁰ w stosunku do osi wlewu głównego. Ciężar odlewu wraz z układem wlewowym wynosił 12,5 lub 25 kg. Formy zalewano żeliwem szarym. Ciśnienie metalostatyczne strumienia ciekłego metalu decydujące o jego energii było regulowane wysokością nadstawki i zbiornika wlewowego i wynosiło od 365 do 590 mm.

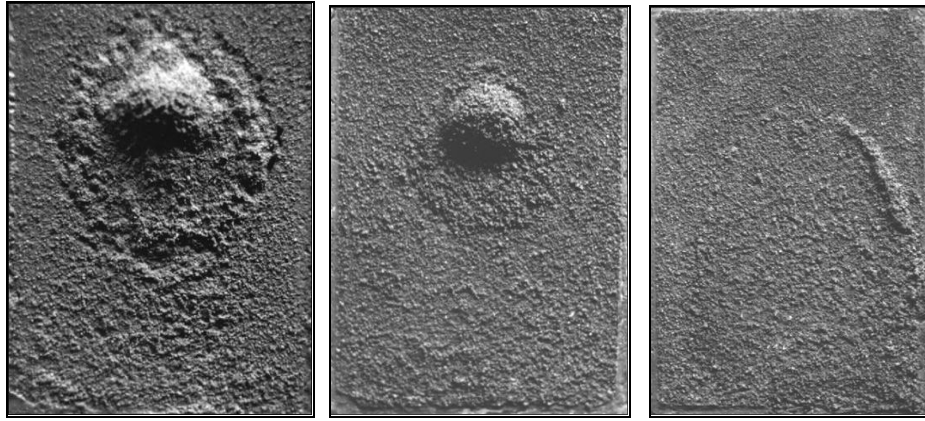
W początkowej fazie badań zjawisko erozji oceniano jakościowo, przez porównanie wielkości narośli utworzonej na powierzchni odlewu-próbki w miejscu wymycia formy. Prowadzone ostatnio badania zmierzają do opisu ilościowego i są oparte na pomiarze objętości tworzącej się narośli w odniesieniu do ilości metalu przepływającego nad badaną powierzchnią formy [4].

2.2 Erozja mas ze spoiwami organicznymi

Spoiwa organiczne i masy wykonane z ich użyciem charakteryzują się małą odpornością termiczną, łatwo ulegają gazyfikacji. Większość mas wykonanych z tymi spoiwami traci praktycznie całkowicie swoją wytrzymałość już w temperaturze 300-400 °C [7]. Utrata wytrzymałości jest jednym z głównych przyczyn wymywania masy przez strumień ciekłego metalu. W pracy poddano badaniu masy z żywicą mocznikowo-formaldehydową (Furtolit 1031; utwardzacz RS -20), którą dodawano w ilości 1,2%. Wkładki z mas ze spoiwem organicznym i ze szkłem wodnym testowano (wkładano do form) po 24 godz. od ich sporządzenia, w stanie utwardzonym.

2.2.1. Wpływ temperatury zalewania

Temperatura zalewania decyduje o szybkości i stopniu nagrzewania się powierzchni form. Odlewy żeliwne średnie i duże, w zależności od gatunku żeliwa i grubości ścianki wykonuje się przy temperaturze zalewnia 1350-1450°C. Wykonano badania odporności erozyjnej masy furanowej w podobnym zakresie temperatury. Wyniki tych badań w postaci zdjęć z miejsc na odlewie gdzie występuje erozja (pod wlewem głównym) pokazano na rysunku 2. Badania wykonywano przy czasie zapełniania wnętrza formy wynoszącym 25-35 sekund i nachyleniu testowanej próbki pod kątem 45°. Zwiększanie temperatury zalewania bardzo wyraźnie zwiększa stopień erozji elementów form wykonanych z masy ze spoiwem organicznym. Z dokonanych pomiarów nagrzewania formy wynika, że w ciągu 20 sekund masa furanowa w miejscu bezpośredniego działania strumienia (5mm pod powierzchnią) osiąga temperaturę około 450-500 °C, a więc powyżej granicy wytrzymałości termicznej spoiwa [5]. Wydłużania czasu zalewania ponad tą granicę będzie skutkowało nasileniem się zjawiska erozji. Dlatego formy zalewane dłużej muszą być zabezpieczane przez stosowanie powłok ochronnych i impregnujących.

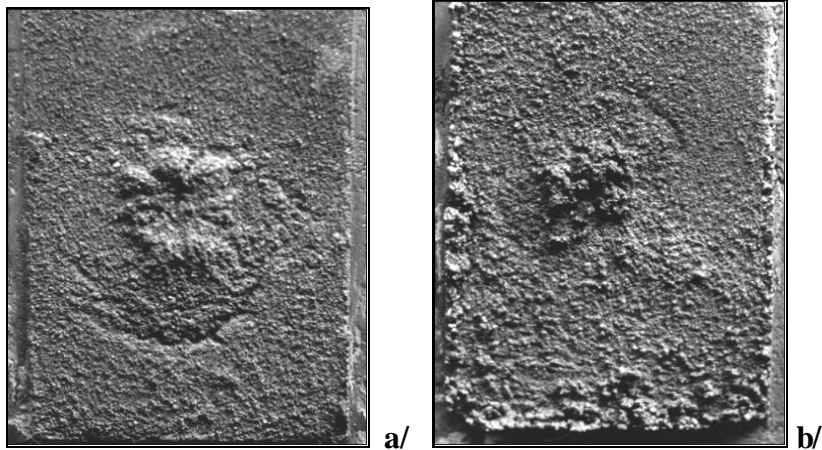


a/ **b/** **c/**
 Rys. 2. Powierzchnie odlewów odtworzone przez masy furanowe ($\rho=1,65 \text{ g/cm}^3$) poddane działaniu strumienia żeliwa ($H_{\text{met}}=58\text{cm}$). Temperatura zalewania :
a/ 1450°C, b/ 1400°C c/ 1380°C.

Fig. 2. Castings surfaces reproduced by furan moulding sands ($\rho = 1,65 \text{ g/cm}^3$) which were exposed to the stream of cast iron ($H_{\text{met}}=58 \text{ cm}$). Temperature of pouring:
a) 1450°C, b) 1400° C, c) 1380° C

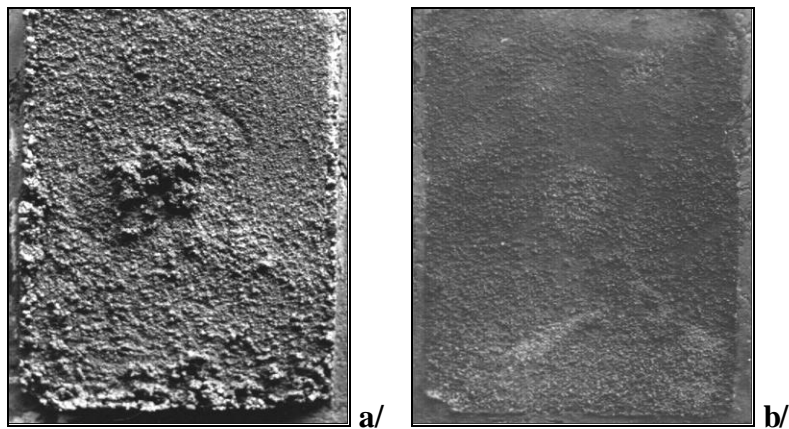
2.2.2. Wpływ stopnia zagęszczenia

Wpływ stopnia zagęszczenia mas wiązanych spoiwami chemicznymi na ogólnie pojmowany stan formy jest bardzo słabo rozpoznany. W przypadku mas wilgotnych gęstość pozorną określa się pośrednio mierząc twardość. Ta prosta metoda nie nadaje się do pomiarów mas ze spoiwami chemicznymi. Uzyskiwanie zwiększonej wytrzymałości mas przez dobór składu i ilości spoiwa oraz brak metod pomiaru gęstości pozornej powoduje, że wpływ tej cechy gotowej formy na jej technologiczne właściwości nie jest rozpoznany. W przypadku mas klasycznych został wykazany bardzo wyraźny wpływ gęstości na odporność erozyjną form [2, 3]. Przez analogię należy oczekiwać również podobnego związku w przypadku mas ze spoiwami chemicznymi. Do określenia pozostaje jedynie istota takiej zależności. W ramach badań porównano stopień erozji form wykonanych z masy furanowej zagęszczonej do poziomu 1,35 i 1,65 g/cm^3 . Wyniki pokazano na rysunku 3. Zmniejszenie stopnia zagęszczenia zdecydowanie obniża odporność na erozję mas ze spoiwami organicznymi nawet wtedy, gdy temperatura zalewania utrzymywana jest na niższym poziomie. Przy niskim stopniu zagęszczenia mostki spoiwa łączące poszczególne ziarna są słabo „wykształcone” i mają mniejszą powierzchnię przekroju. To ich słabe umocowania z resztą formy ułatwia odrywanie z powierzchni pojedynczych ziaren osnowy przez strumień płynącego metalu.



Rys. 3. Powierzchnie odlewów odtworzone przez masy furanowe poddane działaniu strumienia żeliwa zalewanego ($H_{met} = 58\text{cm}$) przy: **a** / $T_{zal} = 1440\text{ }^\circ\text{C}$ i $\rho_o = 1.61\text{ g/cm}^3$, **b**/ $T_{zal} = 1370\text{ }^\circ\text{C}$ i $380\text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_o = 1.34\text{ g/cm}^3$.

Fig. 3. Castings surfaces reproduced by furan moulding sands which were exposed to the stream of cast iron ($H_{met} = 58\text{ cm}$). Temperature of pouring: **a**) $1440\text{ }^\circ\text{C}$ ($\rho_o = 1.61\text{ g/cm}^3$), **b**) $1370\text{ }^\circ\text{C}$ and $1380\text{ }^\circ\text{C}$ ($\rho_o = 1.34\text{ g/cm}^3$).



Rys. 4. Powierzchnie odlewów z form z masy furanowe ($\rho = 1,35\text{ g/cm}^3$): **a/** formy bez powłoki, $T_{zal} = 1370\text{ }^\circ\text{C}$, **b/** forma z powłoką ochronną Al_2O_3 , $T_{zal} = 1400\text{ }^\circ\text{C}$.

Fig. 4. Surfaces of castings obtained from moulds made of furan sands ($\rho = 1,35\text{ g/cm}^3$): **a**) moulds without coating, $T_{pour} = 1370\text{ }^\circ\text{C}$, **b**) moulds with protective Al_2O_3 coating, $T_{pour} = 1400\text{ }^\circ\text{C}$.

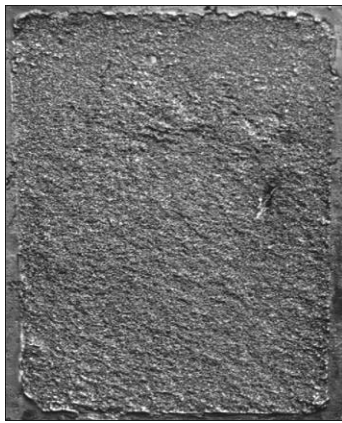
2.2.3. Wpływ stosowania powłok ochronnych

W przypadku mas formierskich wykonywanych ze spoiwami organicznymi powszechną praktyką jest stosowanie pokryć ochronnych, które w pierwszej kolejności

mają za zadania ograniczać penetrację metalu. Pokrycia ochronne powinny być tak dobrane aby ograniczały również zjawisko erozji. Dodatkowe zabezpieczenia powierzchni form jest tym bardziej konieczne im mniejszy jest stopień zagęszczenia formy i im silniej jest ona rozgrzewana co z kolei jest związane z wielkością odlewu i temperaturą zalewania. Na rysunku 4 pokazano stan powierzchni odlewów testowych uzyskanych przy niskim zagęszczeniu masy furanowej. Rysunek 4a pokazuje wygląd powierzchni odlewu z formy, której powierzchnia nie zastała „zabezpieczona” powłoką ochronną, a rysunek 4b – odlew z formy z powłoką ochronną. Przy niskim stopniu zagęszczenia, który w praktyce przemysłowej może się zdarzyć szczególnie wtedy, gdy wykonanie formy się przedłuża a masa traci płynność, zastosowania powłoki ochronnej może być skuteczne nie tylko w podwyższaniu gładkości powierzchni ale również zapobieganiu powstawaniu erozji. Wykazują to badania [3, 4, 5] obejmujące testowanie kilku rodzajów powłok ochronnych, rysunek 4 stanowi wybrany przykład z tych badań.

2.3. Erozja mas ze szkłem wodnym

Wysoka odporność termiczna mas ze szkłem [7] powoduje, że zjawisko erozji przebiega w inny ilościowy i jakościowy sposób niż przy spoiwach organicznych.. Formy z mas ze szkłem wodnym posiadają większą osypliwłość, co może przyczynić się do „zmywania” cząstek masy położonych tuż przy powierzchni. Skutkiem erozji nie będzie powstawanie wyraźnych narośli na powierzchni odlewów, ale powstawanie



Rys.5. Powierzchnia odlewu z masy ze szkłem wodnym sodowym 145 ($\rho=1,65 \text{ g/cm}^3$, $T_{\text{zal}}=1440^\circ\text{C}$).

Fig. 5. Surface of casting obtained from moulds made of water-glass 145 ($\rho = 1,65 \text{ g/cm}^3$, $T_{\text{pour}} = 1440^\circ \text{C}$).

zapiaszczeń jako skutek przemieszczenie ziaren osnowy z całych , dolnych powierzchni formy omywanych strumieniem metalu w górne partie odlewu. Brak klasycznych skutków erozji potwierdzają badania pokazane na rysunku 5.

PODSUMOWANIE

Zjawisko erozji formy będące jedną z głównych przyczyn powstawania zapiaszczeń, zażużeń i tworzenia guzów na powierzchni odlewów może mieć intensywny przebieg w formach wykonywanych z mas ze spoiwami organicznymi szczególnie wtedy, gdy formy są źle zagęszczone a ich powierzchnia nie została pokryta powłokami ochronnymi. Zjawisko to występuje na całej drodze płynącego metalu, jednak najsilniej tam gdzie strumień metal uderza w powierzchnie formy. W przypadku mas ze spoiwami nieorganicznymi (szkłem wodnym) erozja wywołana uderzeniem strumienia jest znacznie słabsza, jednak z uwagi na podwyższoną osypliwość tych mas zjawisko wymywania również występuje z tym, że jego przebieg jest mniej skoncentrowany i raczej obejmuje całe omywane powierzchnie. Skutek w postaci zapiaszczeń może więc być podobny do tego, który występuje w masach ze spoiwami organicznymi. Dlatego również formy wykonane z tych mas wymagają zabezpieczenia przez stosowanie powłok ochronnych, które w praktyce przemysłowej w pierwszej kolejności stosowane są dla ograniczenia przypałów i wżarć o charakterze chemicznym.

Badania finansowana przez KBN – praca naukowo-badawcza Nr 11.11.170.132

LITERATURA

- [1] Ch, Walter i inni; *Einfluß der Eigenschaften kaltharzgebener Formstoffe auf vermeidbaren in Formerei und Putzerei*. Gisserei 80(1993) nr 23. s.796-801.
- [2] J. Mocek: *Wpływ wybranych czynników technologicznych na erozję form piaskowych zalewanych żeliwem*, Archiwum Odlew., PAN – Katowice (2001), v. 1, Nr 1 (2/2), s. 526-531.
- [3] J. Mocek: *Study of erosion of the sand mould poured whit cast iron*, DOKSEM 2001 v rámci Stredoeuropskeho vzdelavacieho cyklu (CeTra), 15-17.10. 2001 – Sul’ov, Słowacja. s. 132-136.
- [4] J. Zych i inni; *Badania nad określeniem wpływu wybranych czynników technologicznych na jakość powierzchni odlewów*. Praca nauk.-badaw. AGH Nr 11.11.170.132; Kraków 2001.
- [5] K. Wysocki: *Wpływ wybranych czynników technologicznych na erozję form piaskowych zalewanych żeliwem*. Praca magisterska; Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków 2001 (promotor J. Zych).
- [6] J. Szreniawski: *Piaskowe formy odlewnicze*: WNT Warszawa 1968.
- [7] K. Pudelko: *Związek wytrzymałości masy w podwyższonych temperaturach z jej wymywaniem przez metal*. Zeszyty Nauk. Polit. Śląskiej, t.23 Odlewnictwo 1960 r.

**EROSION PHENOMENON IN THE MOULDS PREPARED
FROM CHEMICAL BONDED SAND MOULD**

SUMMARY

Within a framework of this work the erosive resistivity of chemical (e.g. furan resin and water-glass) bonded sand moulds was investigated. Erosion of moulding sands with organic binders is very intensive particularly in the case of low density of the moulding sand and high temperature of the poured metal. Working surface of mould made of these moulding sands should be covered with proper coating. Erosion of the mould made of sand bonded with water-glass is less intensive, but it can envelop greater area because of a larger liquidity of that moulding sand, so in that case the protective coating should also be applied.

Recenzent: prof. dr inż. Tadeusz Olszowski.