

Mateusz STACHOWICZ, Kazimierz GRANAT*

MOŻLIWOŚCI WODNEJ AKTYWACJI ODPADOWYCH MAS FORMIERSKICH ZE SPOIWEM NIEORGANICZNYM UTWARDZANYCH MIKROFALAMI

W pracy przedstawiono wyniki badań wstępnych nad możliwością zastosowania innowacyjnego procesu wodnej aktywacji odpadowych mas formierskich ze spoiwem nieorganicznym. W trakcie przerobu odpadowych, utwardzanych w procesie nagrzewania mikrofalowego mas formierskich ze szkłem wodnym, zastosowano zabiegi aktywujące mechanizmy służące rehydratacji zużytego spoiwa. Przeznaczoną do badań masę, sporządzoną z piasku kwarcowego i szkła wodnego sodowego gatunku 145, poddawano następującym etapom przerobu: mieszanie składników, zagęszczanie, nagrzewanie mikrofalowe w celu utwardzenia, studzenie, obciążanie termiczne formy do temperatury 800 °C, studzenie do temperatury otoczenia, wybijanie formy, aktywacja wodna w celu przywrócenia właściwości wiążących masie odpadowej, formowanie próbek i ponowne nagrzewanie mikrofalowe. Następnie zaktywowane, utwardzone masy posłużyły do badań wytrzymałościowych oraz obserwacji mostków wiązań. W trakcie badań zauważono wpływ między innymi: stopnia przegrzania oraz sposobu aktywacji wodnej, w tym buforowania w zamkniętym zbiorniku na możliwość częściowego przywrócenia zdolności wiążących zużytemu spoiwu drogą jego rehydratacji. Odpadowe, w odpowiedni sposób przerobione masy formierskie, pod warunkiem zastosowania fizycznej metody utwardzania stanowią ekologiczną alternatywę dla tradycyjnych technologii mas formierskich i rdzeniowych.

1. WSTĘP

1.1. ODPADOWE MASY FORMIERSKIE

W grupie intensywnie wykorzystywanych surowców naturalnych znajdują się kruszywa stosowane do wytwarzania mas formierskich i rdzeniowych w produkcji odle-

* Wydział Mechaniczny, Katedra Odlewnictwa, Tworzyw Sztucznych i Automatyki, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50–370 Wrocław, mateusz.stachowicz@pwr.edu.pl.

wów. Ze względu na ogólną, łatwą dostępność i niski koszt zakupu, masowo eksploatowane są złoża piasków kwarcowych powodując nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym. Bardzo aktualnym i ważnym zagadnieniem jest więc ograniczanie eksploatacji naturalnych złóż surowców, z których pozyskuje się cenne dla odlewnictwa świeże piaski formierskie, poprzez powtórne ich wykorzystanie w procesach odlewniczych. Obecnie trwają intensywne prace nad doskonaleniem metod odzysku osnowy (głównie kwarcowej) ze zużytych mas formierskich i rdzeniowych w celu ograniczenia ilości powstających odpadów pochodzenia odlewniczego. Metody te noszą wspólną nazwę: regeneracja, która polega na oddzielaniu, w różnym stopniu przereagowanego chemicznie i termicznie, materiału wiążącego (spoiwa) od ziaren osnowy zużytej masy formierskiej. Obecnie, ze względów ekologicznych, renesans przeżywają technologie mas ze spoiwami nieorganicznymi, do których należą między innymi masy ze szkłem wodnym (uwodnionym krzemianem sodu). Ich doskonalenie umożliwi ograniczenie stosowania szkodliwych dla otoczenia mas ze spoiwami organicznymi [1, 5] oraz mas klasycznych [6].

Mimo małej szkodliwości zużyte masy ze szkłem wodnym również należą do grupy odpadów odlewniczych 10 09 lub 10 10 (według Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 14 października 2008), które bez przeprowadzenia procesu regeneracji, w całości powinny być kierowane na składowiska [1]. Takie postępowanie wpływa na degradację środowiska zapełniając rok do roku wysypiska około 250–350 tys. ton odpadów z mas formierskich [2]. Stan zużytej, wybitej masy ze szkłem wodnym po procesach utwardzania, takich jak: proces CO₂, czyli przedmuchiwanie dwutlenkiem węgla o regulowanej temperaturze [9] albo utwardzanie za pomocą ciekłych estrów [15] nie pozwala na ponowne jej wykorzystanie bez przeprowadzenia kosztownego procesu regeneracji. Istnieje jednak możliwość ograniczenia tego niekorzystnego zjawiska. Jak wykazały dotychczasowe badania, masy ze szkłem wodnym na osnowie piasku kwarcowego mogą być z powodzeniem aktywowane w celu przywrócenia im właściwości wiążących pod warunkiem zastosowania fizycznych metod ich utwardzania [11, 13, 14]. Do fizycznych metod utwardzania umożliwiających późniejszą, ewentualną regenerację spoiwa w zużytej masie zalicza się: powolne suszenie klasyczne [10] lub znacznie szybsze nagrzewanie za pomocą fal elektromagnetycznych o częstotliwości 2,45 GHz [12].

1.2. REGENERACJA ODPADOWYCH MAS FORMIERSKICH

Obecnie prowadzone są intensywne badania nad określaniem parametrów regeneracji gwarantujących skuteczne oddzielenie błonki utwardzonego i przegrzanego materiału wiążącego, znajdującego się na powierzchni ziaren osnowy [3, 4, 8]. Spośród opracowanych dotychczas metod odzyskiwania osnowy piaskowej mas formierskich najpowszechniej stosuje się regenerację [7]: mechaniczną, pneumatyczną, cieplną (termiczną), mokrą, kombinowaną. Natomiast, w literaturze trudno znaleźć informacje na temat badań możliwości prowadzenia procesu regeneracji zużytego spoiwa,

w szczególności szkła wodnego, w taki sposób, aby sporządzona z nim masa nosiła cechy masy trwałej [2], a co najmniej wielokrotnego użycia. To nieorganiczne spoiwo, stosowane od wielu dziesięcioleci w przemyśle odlewniczym, charakteryzuje się niską ceną oraz małą szkodliwością dla środowiska naturalnego i człowieka. Dlatego prowadzenie badań nad praktycznymi możliwościami aktywacji [10, 11, 13, 14] w procesie regeneracji zużytego, przereagowanego szkła wodnego, wydaje się być interesującym kierunkiem rozwoju tej technologii mas formierskich i rdzeniowych.

2. METODYKA BADAŃ

2.1. MATERIAŁY

Do sporządzania użytych w badaniach mas formierskich zastosowano wzorcowy piasek kwarcowy średni 1K o frakcji głównej 0,20/0,315/0,16 z kopalni Grudzeń Las oraz niemodyfikowane szkło wodne sodowe gat. 145 wyprodukowane w Zakładach Chemicznych „Rudniki” S.A.. 6 kg masy formierskiej przygotowano we wstępowej mieszarce laboratoryjnej w proporcjach: na 100 cz. wag. masy dozowano 0,5 cz. wag. wody, następnie 1,5 cz. wag. spoiwa. Mieszanie składników trwało 4 minuty. Wprowadzenie, na początku mieszania, wody do suchego piasku kwarcowego ułatwiało równomierne rozprowadzenie niewielkiej ilości dozowanego spoiwa [12]. Następnie, zaformowane masy były poddawane procesowi utwardzania przez 8 minut w komorze pieca mikrofalowego o pojemności 32 litrów i stałej mocy wyjściowej 1 kW. Po procesie utwardzania nie zaobserwowano na powierzchni form wad. W trakcie wszystkich etapów przeprowadzonych badań stosowano zagęszczanie wibracyjne masy na aparacie LUZ-2e.

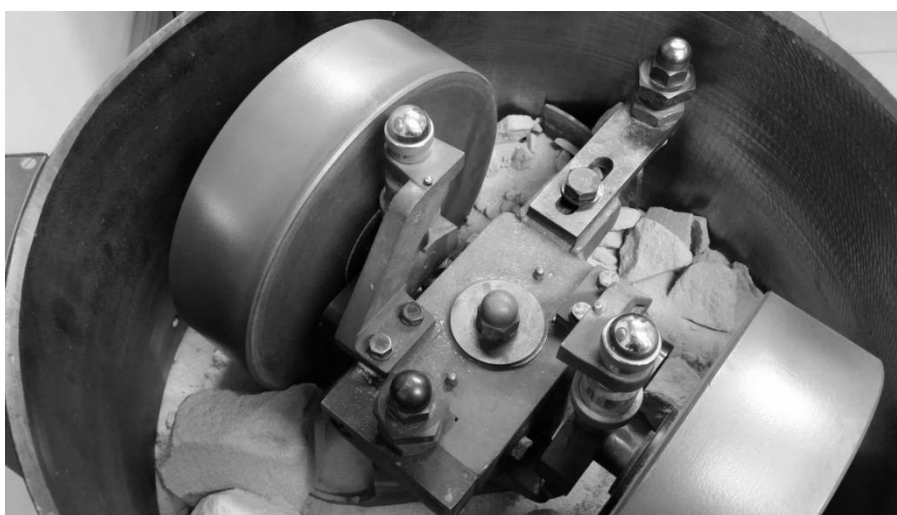
Po zaformowaniu, utwardzeniu mikrofalowym i ostudzeniu, bloki z masy zostały poddane obciążeniu temperaturowemu wynoszącemu $800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Dzięki odpowiednio dobranej masie przygotowanych form uzyskano w całej ich objętości dwa zakresy nierównomiernego przegrzania: pierwszy (sposoby: X1 i X1-360) od $100^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ do $800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ i drugi (sposoby: X i X-360) wynoszący od $350^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ do $800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (tabela 1).

2.2. URZĄDZENIA AKTYWUJĄCE

Po ostudzeniu i rozbiciu form przeprowadzono próby regeneracji spoiwa z wykorzystaniem urządzeń aktywujących, oznaczonych jako: „typ K” i „typ B”. Widok komory urządzenia typu K przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 1. Urządzenia i sposoby aktywacji w badaniach procesu rehydratacji spoiw nieorganicznych

Oznaczenie sposobu aktywacji:	Wstępna regeneracja mechaniczna sucha bez odpylania w urządzeniu „typu K” (4 minuty)	Aktywacja wodna w urządzeniu „typu K” (8 minut)	Buforowanie w zamkniętym zbiorniku urządzenia „typu B” (360 minut)
X1	tak	tak	nie
X1-360	tak	tak	tak
X	tak	tak	nie
X-360	tak	tak	tak



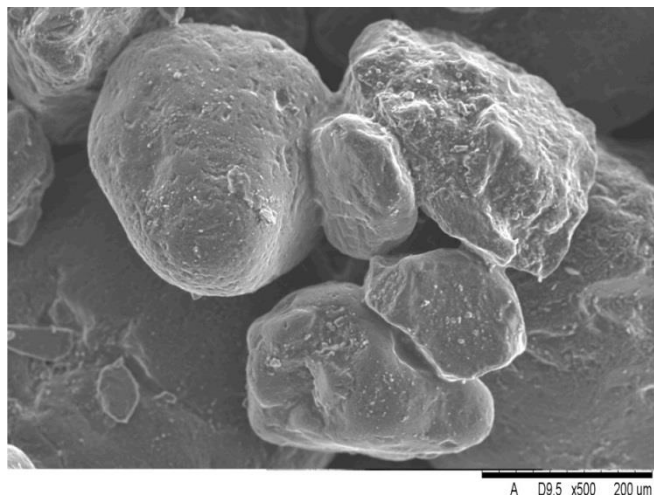
Rys. 1. Widok komory urządzenia aktywującego „typu K” wypełnionej masą odpadową przed procesem regeneracji mechanicznej

Odpadową masę poddano wstępnej regeneracji suchej w komorze urządzenia typu K wyposażonej w elementy: krusząco-rozcierające, których zadaniem było wstępne rozdrobnienie zużytej, wybitej, zbrylonej i ostudzonej do temperatury otoczenia masy. W celu aktywacji powierzchni osnowy kwarcowej zastosowano zabiegi: ocierania i rozcierania błonki szklatego krzemianu sodu, której widok pokazano na rysunku 2.

Następnie, regenerowane mechanicznie w komorze urządzenia typu K masy zwilżano każdorazowo stałą ilością wody i poddawano wodnej aktywacji przez 8 minut mieszania.

W przypadku sposobów X1-360 i X-360, masa z komory urządzenia typu K była poddana kolejnemu zabiegowi polegającemu na czasowej aktywacji (buforowaniu)

w komorze urządzenia typu B (tabela 1). Przyjęto, że czas aktywacji wodnej regenerowanej masy formierskiej będzie wynosił 360 minut od momentu usunięcia jej z komory urządzenia typu K i przekazania do zbiornika urządzenia typu B.



Rys. 2. Widok konglomeratu odpadowej masy formierskiej po procesie wybijania z widocznymi mostkami wiązań między ziarnami osnowy kwarcowej. Łagodny kształt mostków wiązań charakterystyczny dla mas sporządzonych ze świeżych składników (osnowy i spoiwa)

2.3. CEL BADAŃ

W badaniach podjęto próbę wyjaśnienia, czy, odwrotna do zjawiska dehydratacji, mającego miejsce w procesie utwardzania mikrofalowego, rehydratacja będzie miała praktyczne znaczenie dla możliwości aktywacji zużytych, przereagowanych termicznie spoiw nieorganicznych. Założono, że w zależności od rozkładu temperaturowego w formie masa może przejawiać różną zdolność do aktywacji z powodu zróżnicowanego stopnia przereagowania termicznego spoiwa, mimo jego nieorganicznego charakteru. W badaniach założono ponadto, że poprzez dobór odpowiednich urządzeń, i parametrów przerobu zużytej masy, możliwa będzie aktywacja przereagowanego termicznie spoiwa znajdującego się na powierzchni ziaren osnowy kwarcowej. Odpowiednia kolejność, jak i parametry zabiegów regeneracji mechanicznej suchej, jak i mokrej prowadzonej w określonym czasie, powinny zapewnić w możliwie największym stopniu odtworzenie właściwości wiążących spoiwa, poprzez jego rehydratację. Dzięki zaletom metody nagrzewania mikrofalowego możliwe będzie określenie między innymi wpływu: stopnia przegrzania, stosowania mokrej aktywacji oraz buforowania na tworzenie przez regenerowane spoiwa mostków wiążących ziarna osnowy.

Efektom badań może być ograniczenie: bezpośrednio ilości odpadowych mas formierskich oraz pośrednio zapotrzebowania na świeży piasek kwarcowy oraz spoiwo. Ma to szczególne znaczenie w dobie restrykcyjnego prawa chroniącego środowisko życia i pracy ludzi oraz zasoby naturalne Ziemi.

3. WYNIKI BADAŃ

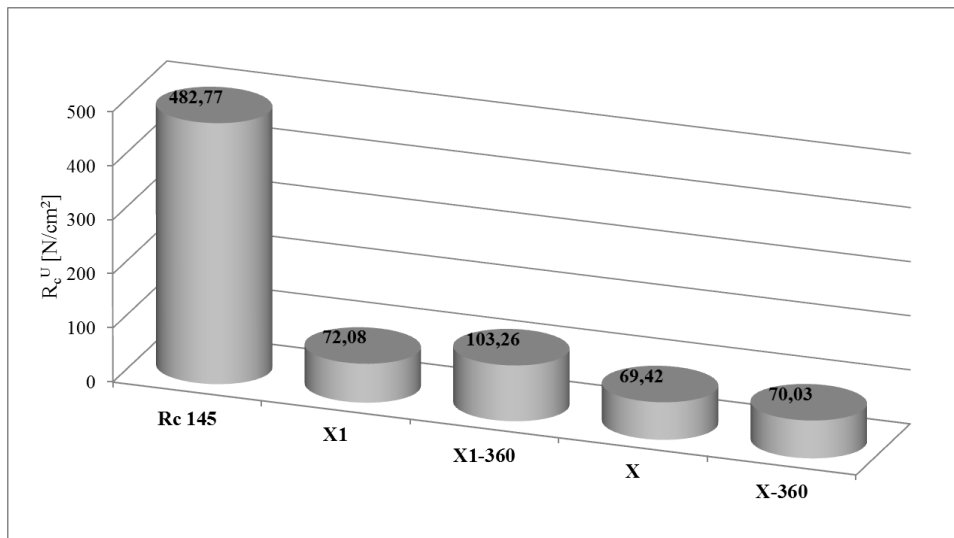
3.1. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI ZAKTYWOWANYCH MAS ODPADOWYCH

Skuteczność proponowanych sposobów aktywacji wodnej mas odpadowych oceniano na podstawie osiąganych przez, nie po powtórnym utwardzeniu mikrofalowym, wartości wytrzymałości: na ściskanie R_c^U oraz zginanie R_g^U . Cylindryczne (pomiar R_c^U) oraz podłużne (pomiar R_g^U) próbki z mas zawierających zregenerowane spoiwo nagrzewano w komorze pieca mikrofalowego o mocy 1 kW przez 4 minuty. Metoda nagrzewania mikrofalowego, ze względu na szybkość procesu suszenia w całej objętości próbki, umożliwia znaczne ograniczenie, w trakcie procesu utwardzania spoiwa, wpływu negatywnych czynników, takich jak: powolny sposób przekazywania ciepła oraz chemiczną reakcję z dwutlenkiem węgla [12].

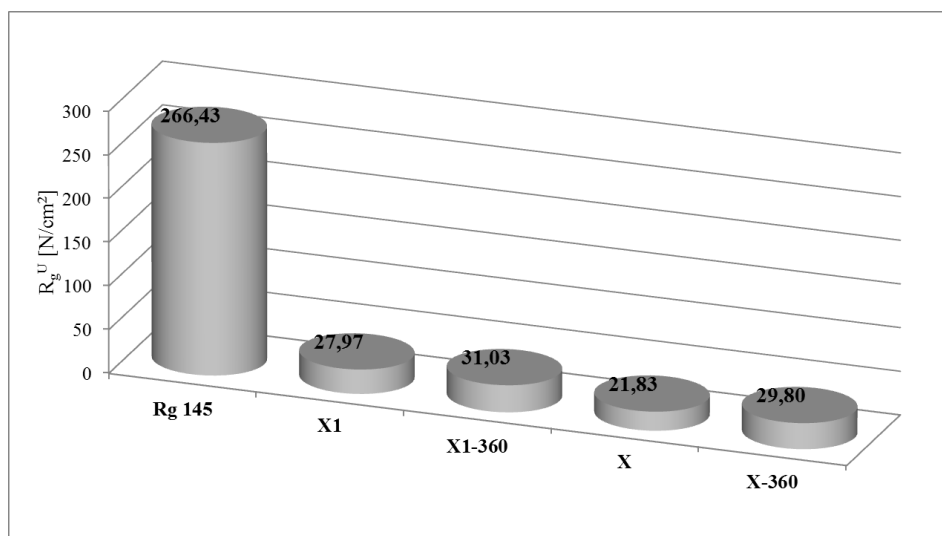
Wyniki badań nad skutecznością stosowanych wodnych sposobów aktywacji przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Odnoszono je porównawczo do wytrzymałości R_c^U i R_g^U zmierzonych dla mas sporządzonych tylko ze świeżych składników. Wartości wytrzymałości są wartościami średnimi z trzech oznaczeń dla pomiaru R_g^U oraz z co najmniej pięciu dla pomiaru R_c^U . Badania wytrzymałości przeprowadzono na stanowisku do badań wytrzymałości LRUe-2e.

Zastosowanie szybkiego nagrzewania mikrofalowego umożliwiło uwypuklenie skuteczności zastosowanych sposobów aktywacji wodnej w urządzeniu typu K i B. Spośród czterech zaproponowanych sposobów aktywacji (X1, X1-360, X i X-360) najlepsze rezultaty daje: X1-360, czego potwierdzeniem są wyniki wytrzymałości R_c^U (rys. 3) i R_g^U (rys. 4).

W sposobie tym zastosowano zabiegi regeneracji mechanicznej wodnej oraz buforowanie w komorze urządzenia typu B przez 360 minut. W porównaniu do sposobu X1 wynik aktywacji poprzez dodatkowe buforowanie zmierzony wartością R_c^U był o 30,2% większy. Podobną, korzystną różnicę (10%) w sposobie aktywacji w urządzeniu typu B stwierdzono dla parametru R_g^U . Wyniki te jednoznacznie ukierunkowują dalsze poszukiwania skutecznych metod wodnej regeneracji spoiw nieorganicznych, między innymi: najkorzystniejszych czasów buforowania zwilżonego regeneratu.



Rys. 3. Wytrzymałość na ściskanie utwardzonych mikrofalowo: masy świeżej (Rc 145) i po procesach wodnej aktywacji sposobami: X1, X1-360, X i X-360



Rys. 4. Wytrzymałość na zginanie utwardzonych mikrofalowo: masy świeżej (Rg 145) i po procesach wodnej aktywacji sposobami: X1, X1-360, X i X-360

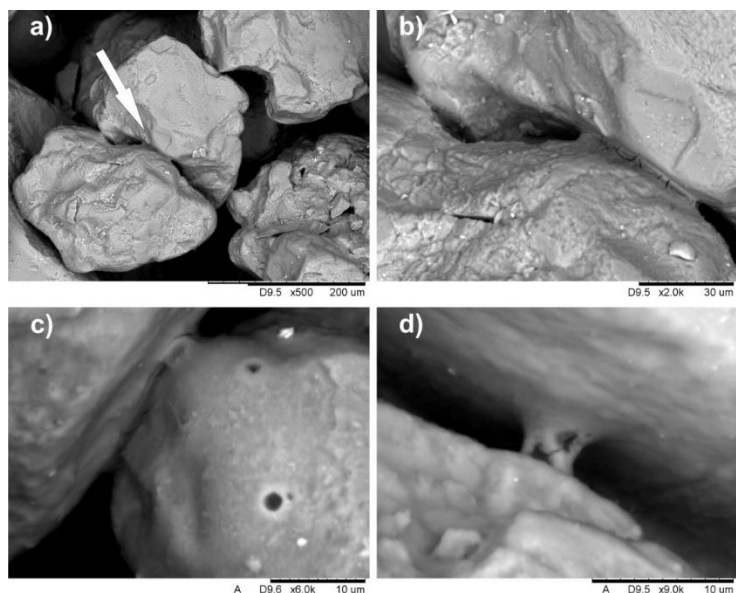
Masy przegrzane od $350^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ do $800^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, aktywowane w sposobach: X i X-360, cechuje mniejsza wytrzymałość R_c^U i R_g^U niż X1 i X1-360. Porównanie sposobów aktywacji mas o dwóch stopniach przegrzania potwierdzają wcześniejsze obserwacje i wyniki dla mas poddanych suszeniu klasycznemu [10]. W większym stopniu

przegrzane masy (X i X-360) mają mniejszą skłonność do wodnej aktywacji. Należy zatem rozważyć, czy nie należy stosować oddzielania najbardziej przeegrzanych warstw masy podczas procesu wstępnej regeneracji mechanicznej polegającego na wybijaniu zużytej masy.

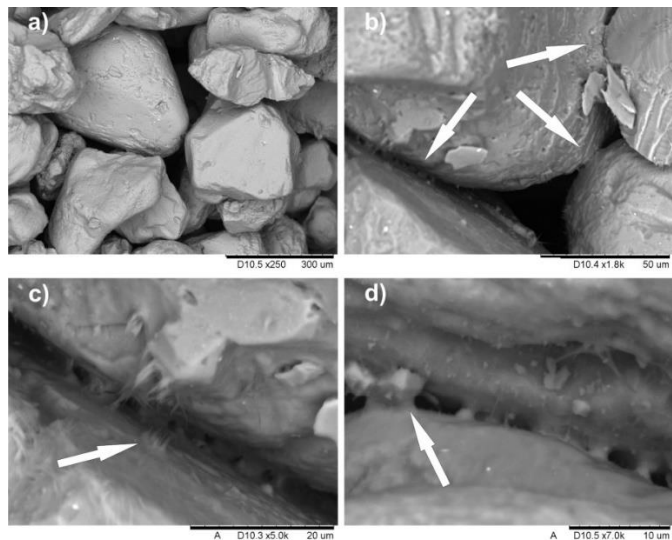
Mimo zastosowania buforowania zwilżonego regeneratu nie osiągnięto wytrzymałości zmierzonych dla mas sporządzonych ze świeżych składników oznaczonych: Rc 145 (rys. 3) i Rg 145 (rys. 4). Określona w trakcie badań wstępnych, na podstawie parametrów wytrzymałościowych, zdolność regenerowanych mas do częściowego przywracania im właściwości wiążących jest solidną podstawą do kontynuowania prac nad dalszym zwiększaniem skuteczności proponowanych metod wodnej aktywacji.

3.2. WYNIKI OBSERWACJI MOSTKÓW WIĄZAŃ AKTYWOWANYCH MAS ODPADOWYCH

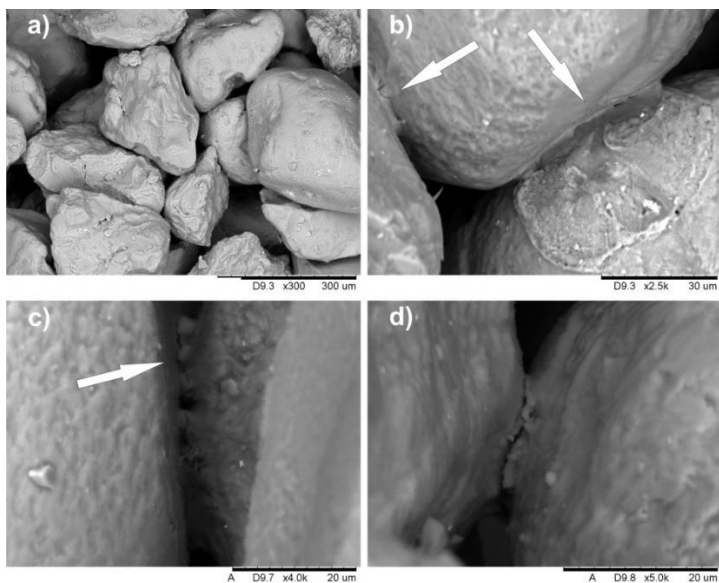
Wyniki badań wytrzymałości skonfrontowano z obserwacjami mikroskopowymi prowadzonymi na aktywowanych i ponownie utwardzanych mikrofalowo masach. Za pomocą mikroskopu skaningowego Hitachi TM3000 prowadzono obserwacje miejsc, w których mogły powstać nowe mostki wiązań z obecnego na powierzchni ziaren osnowy zregenerowanego spoiwa, co przedstawiono na rysunkach: 5–8.



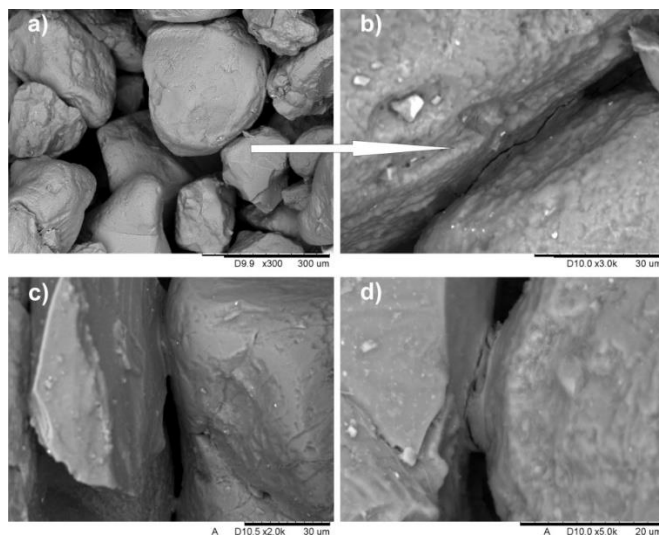
Rys. 5. Widok mostków wiązań powstałych z regenerowanego sposobem X1 spoiwa po procesie nagrzewania mikrofalowego. Widoczne nieciągłości w budowie mostków wiązań b), c), d) oraz liczne, drobne fragmenty masy związane z powierzchnią ziaren osnowy kwarcowej, powstałe po procesie regeneracji mechanicznej



Rys. 6. Widok mostków wiązań powstałych z regenerowanego sposobem X1-360 spoiwa po procesie nagrzewania mikrofalowego. Widoczne na przykładzie b) wielopunktowe nowopowstałe z regenerowanego spoiwa mostki wiązań. Na przykładzie c) w pobliżu mostków widoczne struktury iglaste oraz fragmenty aktywowanego spoiwa d) tworzące podstawy wiązań



Rys. 7. Widok mostków wiązań powstałych z regenerowanego sposobem X spoiwa po procesie nagrzewania mikrofalowego. Widoczny na przykładzie b) mostek wiązania powstały w miejscu destrukcji po procesie regeneracji mechanicznej wstępnej. Przykład c) pokazuje fragmenty mostków z aktywowanego spoiwa biorące udział w tworzeniu wiązania



Rys. 8. Widok mostków wiązań powstałych z regenerowanego sposobem X-360 spoiwa po procesie nagrzewania mikrofalowego. Widoczne liczne nieciągłości w budowie nowopowstałych mostków wiązań ze zregenerowanego częściowo spoiwa

Analizując za pomocą mikroskopii SEM powierzchnię osnowy kwarcowej (rys. 5–8) stwierdzono dużą ilość cząsteczek o wielkości od 5 do 20 μm związanych z podłożem. Stwierdzono również obserwując mostki wiązań, że biorą one udział w tworzeniu się mostków z poddanego zabiegom rehydratacji szkła wodnego. Zastosowane sposoby aktywacji wodnej umożliwiły napływanie aktywowanego spoiwa w miejsca powstawania mostków wiązań. Widoczne jest to w szczególności na rysunku 7b, gdzie w miejscu zniszczonego mostka wiążącego powierzchnie ziaren osnowy powstał nowy.

Przeprowadzone obserwacje były potwierdzeniem dla zmierzonych wcześniej wartości R_c^U i R_g^U . Mostki ze zregenerowanego częściowo spoiwa charakteryzowały się nieregularnym kształtem, innym od zaobserwowanego, charakterystycznego łagodnego połączenia właściwego dla mas sporządzonych tylko ze świeżych składników (rys. 2). W budowie mostków wiązań stwierdzono obecność cząsteczek otoczonych spoiwem z licznymi nieciągłościami. W metodzie X1-360 (rys. 6c i 6d) zaobserwowano na powierzchni, w pobliżu mostka wiążącego, struktury iglaste świadczące o aktywności chemicznej amorficznego szkła wodnego pomimo przeprowadzenia procesu utwardzania mikrofalowego.

4. WNIOSKI

W badaniach nad możliwością regeneracji zużytych spoiw nieorganicznych potwierdzono występowanie zjawiska wtórnej hydratacji (rehydratacji) pod wpływem określonych sposobów aktywacji mokrej utwardzonych nagrzewaniem mikrofalowym mas ze szkłem wodnym. Uzyskane wyniki badań wytrzymałościowych R_c^U i R_g^U po procesach: aktywacji i powtórny utwardzeniu mas znalazły potwierdzenie w obserwacjach mikroskopowych w postaci obecności mostków wiązań ziarna osnowy powstałych ze zregenerowanego spoiwa. Wytworzone po procesie aktywacji powierzchni ziaren osnowy kwarcowej mostki wiązań różniły się od mostków wytworzonych ze świeżego spoiwa. Nieregularny kształt, mniejsza powierzchnia ich podstaw wskazują przyczynę występowania ok. 5–7 razy mniejszej wytrzymałości na ściskanie, a także ok. 9–12 krotnie mniejszej wytrzymałości na zginanie. Nie ulega natomiast wątpliwości, że powtórnie utwardzone mikrofalowo regenerowane masy ponownie nabierają zdolności do wiązania osnowy kwarcowej bez konieczności stosowania świeżych składników, w tym szkła wodnego sodowego.

W badaniach wskazano możliwe dwa sposoby aktywacji powierzchni ziaren osnowy w urządzeniu „typu K” i „typu B”. Stwierdzono na ich podstawie wpływ sposobów wodnej aktywacji, w których stosowano buforowanie w celu zwiększenia właściwości wytrzymałościowych mas. Ponadto, w trakcie badań stwierdzono wpływ stopnia przegrzania masy na skuteczność sposobów wodnej aktywacji. Odpadowe masy przegrzane od $350^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ do $800^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ charakteryzowały się mniejszą zdolnością do regeneracji (rehydratacji) spoiwa niż te, w których osiągnięto przegrzanie w temperaturze od $100^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ do $800^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Na skuteczność prowadzonych zabiegów aktywacji ma więc wpływ stopień przereagowania termicznego (destrukcja) spoiwa znajdującego się na powierzchni ziaren osnowy.

Wykonane badania stanowią podstawę do kontynuacji poszukiwań metody dającej możliwość prowadzenia cyklicznej aktywacji zużytych mas formierskich utwardzanych mikrofalowo, tak aby pełniły one rolę trwałych i ekologicznych mas ograniczających powstawanie odpadów odlewniczych.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

LITERATURA

- [1] DAŃKO J., HOLTZER M., *Metody ograniczenia odpadów z procesów odlewniczych oraz sposoby ich zagospodarowania*, Wydawnictwo Naukowe Akapit, Kraków 2010, 23–33.
- [2] DAŃKO J., DAŃKO R., ŁUCARZ M., *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*, Wydawnictwo Naukowe Akapit, Kraków 2007, 13–17.

- [3] DAŃKO J., KAMIŃSKA J., SKRZYŃSKI M., *Reclamation of spent moulding sands with inorganic binders in the vibratory reclaimer Regmas*, Archives of Metallurgy and Materials, 2013, Vol. 58, No. 3, 993–996.
- [4] DAŃKO R., *Praca destrukcji wiązań międzyziarnowych w procesie regeneracji mechanicznej zużytych mas formierskich*, Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji, 2009, Vol. 29, No. 3, 23–32.
- [5] HOLTZER M., BOBROWSKI A., DAŃKO R., KMITA A., ŻYMKOWSKA-KUMON S., KUBECKI M., GÓRNY M., *Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) and benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (btex) from the furan moulding sands with addition of the reclaim*, Metalurgija, 2014, Vol. 53, No. 4, 451–454.
- [6] HOLTZER M., GRABOWSKA B., ŻYMKOWSKA-KUMON S., KWAŚNIEWSKA-KRÓLIKOWSKA D., DAŃKO R., SOLARSKI W., BOBROWSKI A., *Harmfulness of moulding sands with bentonite and lustrous carbon carriers*, Metalurgija, 2012, Vol. 51, No. 4, 437–440.
- [7] LEWANDOWSKI J. L., *Materiały na formy odlewnicze*, Wydawnictwo Naukowe Akapit, Kraków 1997.
- [8] ŁUCARZ M., *Badanie wpływu intensywności zabiegów regeneracji mechanicznej na stan osnowy kwarcowej*, XI Konferencja Odlewnicza Technical, Nowa Sól 12–13.05.2008.
- [9] SAMSONOWICZ Z., *Racjonalne utwardzanie mas ze szkłem wodnym przedmuchiwanym dwutlenkiem węgla*, Przegląd Odlewnictwa, 1974, Vol. 24, No. 10, 309–311.
- [10] STACHOWICZ M., *Effect of overheating degree on activation efficiency of water-glass containing sandmix hardened by traditional drying*, Archives of Foundry Engineering, 2015, Vol. 15, Spec. No. 2, 77–82.
- [11] STACHOWICZ M., GRANAT K., *Influence of melt temperature on strength parameters of cyclically activated used-up sandmixes containing water-glass, hardened with microwaves*, Archives Of Civil And Mechanical Engineering, 2015, Vol. 15, No. 4, 831–835.
- [12] STACHOWICZ M., GRANAT K., PAŁYGA Ł., *Effect of Sand Wetting on Physically Hardened Moulding Sands Containing a Selected Inorganic Binder. Part 2*, Archives of Foundry Engineering, 2016, Vol. 16, No. 1, 79–84.
- [13] STACHOWICZ M., GRANAT K., *Possibilities of reclamation microwave-hardened molding sands with water glass*, Archives of Metallurgy and Materials, 2014, Vol. 59, No. 2, 757–760.
- [14] TACHOWICZ M., GRANAT K., *Research on reclamation and activation of moulding sands containing water-glass hardened with microwaves*, Archives of Foundry Engineering, 2014, Vol. 14, No. 2, 105–110.
- [15] ZYCH J., *Optymalizacja technologii formy opartej na masach ze szkłem wodnym utwardzanym estrami*, Przegląd Odlewnictwa, 2005, Vol. 12.

POSSIBILITIES OF WET ACTIVATION OF WASTE MOULDING SANDS WITH INORGANIC BINDER CURED BY THE MICROWAVES

The paper presents results of a preliminary research on possibility of using an innovative process of wet activating waste moulding sands containing inorganic binder. During the processing techniques of waste moulding sands with water-glass cured by microwaves were used treatments to activate mechanisms for rehydration of waste binder. The moulding sand to be examined, prepared of high-silica sand and the selected water-glass grade 145, was subjected to the: mixing the components, compacting, curing by microwaves, thermal loading of the mould up to 800°C, cooling-down to ambient temperature, knocking-out, wet activation to restore bonding properties to the binder, moulding the samples and microwave re-curing. Activated, cured by microwaves sandmixes were used for the strength tests and observation of binding

bridges. It was found, among others the influence of: overheating degree and wet activation technique, including buffering in a closed tank on partial restore of binding abilities to the waste binder by its rehydration. Waste, appropriately processed moulding sands, including the application of physical method of curing are ecological alternative to traditional technologies of moulding and core sands.