

# Porównanie metod klasycznych i nowoczesnej mikrofalowej wytwarzania rdzeni z mas ze szkłem wodnym

M. Stachowicz<sup>a\*</sup>, K. Granat<sup>a</sup>, A. Małachowska<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Katedra Odlewnictwa, Tworzyw Sztucznych i Automatyki, Politechnika Wrocławska, ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław

<sup>b</sup> Katedra Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa, Politechnika Wrocławska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

\*Kontakt korespondencyjny: e-mail: mateusz.stachowicz@pwr.edu.pl

Otrzymano 20.06.2014; zaakceptowano do druku 12.07.2014

## Streszczenie

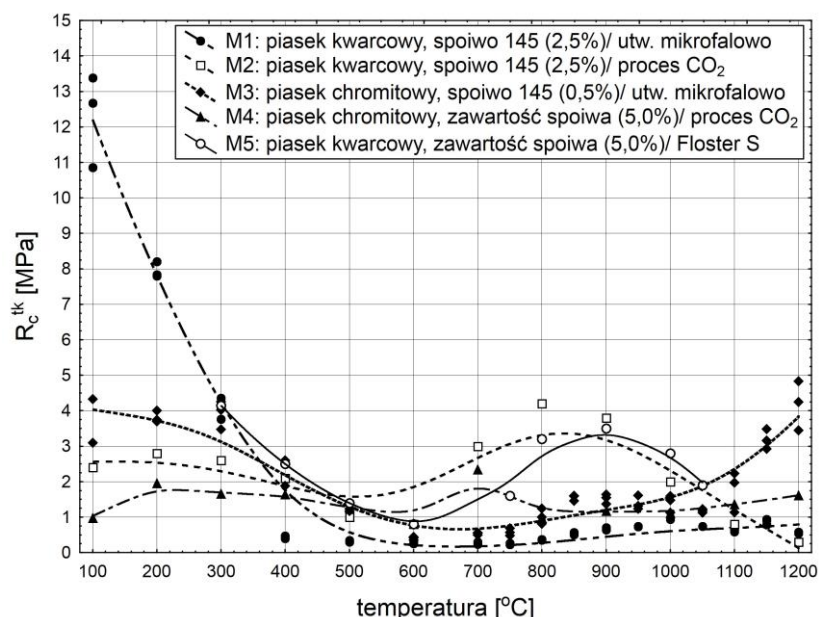
W pracy przedstawiono wyniki porównania wybranych współczesnych metod produkcji rdzeni odlewniczych z mas formierskich ze szkłem wodnym sporządzonych na bazie osnowy kwarcowej i chromitowej. Masy formierskie z nieorganicznym spoiwem, jakim jest szkło wodne, są nieszkodliwe dla środowiska, neutralne dla ludzi i relatywnie tanie. Na tle tradycyjnych metod wykonywania rdzeni z mas ze szkłem wodnym: w procesie CO<sub>2</sub>, w technologii ciekłych estrów lub drogą tradycyjnego suszenia, innowacyjna metoda szybkiego utwardzania mikrofalami umożliwia ograniczenie ilości stosowanych materiałów, zmniejszenie wytrzymałości resztkowej masy, a tym samym poprawę jej wybijalności. W poniższej pracy zestawiono dostępne informacje na temat mikrofalowego procesu utwardzania mas zawierających szkło wodne, właściwości wytrzymałościowych zużytych mas kwarcowych i chromitowych, jak również porównanie kosztów praktycznego zastosowania tej technologii w warunkach pracującej rdzeniarni. Ponadto, wskazano korzyści wynikające z zastosowania tego innowacyjnego i przyjaznego dla środowiska rozwiązania, które może skutecznie zastąpić tradycyjne, często materiałowo- i energochłonne, procesy wytwarzania rdzeni z mas ze szkłem wodnym, sporządzanych z użyciem osnowy chromitowej lub kwarcowej.

**Słowa kluczowe:** innowacyjne technologie odlewnicze, utwardzanie mikrofalowe, szkło wodne, masy rdzeniowe, chromit.

## 1. Wprowadzenie

Uwodniony krzemian sodu (szkło wodne sodowe) spełnia warunki małej szkodliwości dla środowiska naturalnego z uwagi na swój nieorganiczny charakter. Znane z praktyki sposoby chemicznego utwardzania, na przykład za pomocą bezwodnika kwasu węglowego (proces CO<sub>2</sub>) lub ciekłymi estrami, nie następczą szczególnych trudności podczas wykonywania form i rdzeni, umożliwiają również prowadzenie elastycznej produkcji

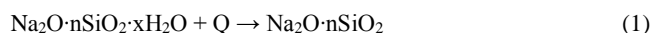
odlewów. Wadą stosowania chemicznych metod utwardzania mas ze szkłem wodnym jest ich zła wybijalność spowodowana dużą wytrzymałością resztkową tych mas (rys. 1). W porównaniu do innych technologii wykonywania rdzeni z mas ze spoiwami organicznymi, uwodniony krzemian sodu sprawia znacznie więcej trudności podczas wybijania odlewów staliwnych i żeliwnych, a szczególnie przy usuwaniu z nich rdzeni, zwiększając tym samym koszty produkcji.



Rys. 1. Porównanie wpływu obciążenia termicznego na wytrzymałość resztkową  $R_c^{tk}$  w temperaturze otoczenia mas sporządzonych ze szkłem wodnym: M1 na podstawie badań własnych; M2 na podstawie [3]; M3 na podstawie badań własnych; M4 na podstawie [4]; M5 na podstawie [5]

Stan zużytej, wybitej masy ze szkłem wodnym nie pozwala na ponowne jej wykorzystanie bez przeprowadzenia kosztownego procesu regeneracji. Zużyta masa, należąca do grupy odpadów 10 09 lub 10 10 (według Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 14 października 2008), bez przeprowadzenia procesu regeneracji, w całości powinna być kierowana na składowiska [1]. Takie postępowanie wpływa na degradację środowiska zapelniając rok do roku wysypiska około 250-350 tys. ton odpadów z mas formierskich [2]. Istnieje możliwość ograniczenia tego niekorzystnego zjawiska, na przykład poprzez zastosowanie innowacyjnych technik utwardzania spoiwa, ograniczających jego udział w masie, wpływając tym samym na ułatwienie prowadzenia procesu wybijania masy i rdzeni z odlewów. Ważnym aspektem nowoczesnych technik wytwarzania form i rdzeni odlewniczych jest również możliwość ograniczenia zapotrzebowania na świeże materiały, stosowane na osnowę mas formierskich, na przykład poprzez ponowne wykorzystanie ich w postaci regeneratu.

Masy ze szkłem wodnym mogą być utwardzane, oprócz znanych i popularnych metod chemicznych takich jak: proces  $CO_2$ , czy Floster S, za pomocą metod fizycznych, do których można zaliczyć m.in. suszenie konwencjonalne, procesy Hot Box i Warm Box [6, 7]. W metodach tych w trakcie dehydratacji szkło wodne przechodzi w wiązący ziarna osnowy bezwodny szklisty film krzemianowy, co można zapisać za pomocą następującej reakcji [7]:



gdzie: n, x – współczynniki stechiometryczne

W zależności od zastosowanej technologii suszenia występuje różna szybkość reakcji, która może mieć wpływ na wytrzymałość

powstałych mostków. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych opisanych m.in. w publikacji [8] najlepsze właściwości uzyskano w przypadku mas suszonych innowacyjną metodą nagrzewania mikrofalowego. Ponadto, dzięki zastosowaniu szybkiej metody dehydratacji spoiwa, możliwym jest uzyskanie znacząco lepszej wybijalności masy po jej wygrzaniu w krytycznym zakresie temperatur, wynoszącym od 600 do 950 °C [9]. Niezależnie od zastosowanego gatunku szkła wodnego, po wygrzaniu w temperaturze 600 °C, wytrzymałość  $R_c^{tk}$  masy na osnowie kwarcowej nie przekracza 1 MPa. Dla porównania w technologiach Floster S, czy też procesie  $CO_2$  wynosi ona około 3-5 MPa [3, 5]. Podobnie wyraźne zmniejszenie wytrzymałości resztkowej widoczne jest w przypadku utwardzanej mikrofalowo masy na osnowie chromitowej, której wytrzymałość  $R_c^{tk}$  w zakresie od 600 do 950 °C nie przekracza 1,5 MPa. W przypadku stosowania procesu  $CO_2$  do utwardzania mas chromitowych, obserwuje się stosunkowo małą wytrzymałość  $R_c^{tk}$  po wygrzaniu w temperaturze 100 °C przy znacznej ilości szkła wodnego (5,0%). Dla przebiegu krzywej  $R_c^{tk}$  charakterystyczny wzrost wytrzymałości  $R_c^{tk}$  powyżej 2 MPa [4] ma miejsce po wygrzaniu masy w temperaturze około 700 °C.

Biorąc po uwagę aspekt wytrzymałości mas, utwardzanie poprzez suszenie konwencjonalne jako jedyne pozwala uzyskać parametry wytrzymałościowe porównywalne do nagrzewania mikrofalowego [8]. Metoda klasycznego suszenia wymaga jednak stosunkowo długiego czasu suszenia i tym samym dużych nakładów energii [10].

Z kolei metoda utwardzania ciekłymi estrami (Floster S) znalazła szerokie zastosowanie w przemyśle ze względu na m.in. stosunkowo dobre parametry wytrzymałościowe, a także łatwość dozowania utwardzacza. Posiada jednak zasadniczą wadę, którą jest długi czas odparowywania związanej w masie wody i w praktyce przemysłowej może dochodzić nawet do 24 h od

momentu połączenia składników masy. Wielokrotnie, zależnie od warunków atmosferycznych, czas ten nie gwarantuje pełnego usunięcia wody związanej w spoiwie. Może to skutkować problemami objawiającymi się wadami powierzchni odlewów [11]. Obecność organicznego utwardzacza w składzie klasyfikuje ten rodzaj masy do grupy średnio toksycznych [12].

Przy doborze składu mas formierskich i rdzeniowych, w następstwie coraz większego nacisku kładzionego na ochronę środowiska naturalnego oraz jego zasobów a także ochronę zdrowia ludzkiego, bardzo istotnego znaczenia nabiera możliwość stosowania spoiw nieorganicznych utwardzanych metodami fizycznymi. Obecnie, producenci materiałów dla odlewnictwa posiadają w swojej ofercie spoiwa nieorganicznie przeznaczone do utwardzania poprzez dehydratację, gwarantujące znaczne ograniczenie ich ilości w masach oraz nietoksyczny charakter użytkowania [13].

## 2. Cel badań

Celem podjętych badań była kompleksowa ocena techniczno-ekonomiczna innowacyjnego utwardzania mikrofalowego na tle metod o ugruntowanej pozycji, pod kątem zastosowania w produkcji przemysłowej rdzeni z mas ze szkłem wodnym i SMS sporządzonych z osnową: chromitową lub kwarcową. Wybierając technologię wytwarzania rdzeni z zastosowaniem mas typu SMS muszą być brane pod uwagę czynniki, wśród których do najważniejszych można zaliczyć koszty zakupu składników masy rdzeniowej, urządzeń mieszających, oprzyrządowania oraz instalacji do oczyszczania odlewów i usuwania zużytej masy formierskiej i rdzeniowej. Obecnie do grupy najważniejszych kosztów wytwarzania odlewów zalicza się także proces regeneracji stosowanych mas. Ze względu na brak danych dotyczących kosztów potencjalnego zastosowania innowacyjnej metody utwardzania mikrofalowego mas przeprowadzono uproszczoną ich analizę na podstawie założeń i badań własnych. Rdzenie o średnicy zewnętrznej  $\phi$  135 wykonywano jako „pełne” lub innowacyjne „oszczędnościowe”, których kształt umożliwiał znaczne zredukowanie ich masy. Wytworzone rdzenie „oszczędnościowe” do produkcji odlewów stalowych miały przede wszystkim zmniejszoną z 45 do 21 mm średnią grubość ścianek, co znacznie poprawiło ich wybijalność. Widok i wymiary obu, wybranych typów rdzeni przedstawiono na rysunku 2. „Oszczędnościowe” rdzenie zostały wykonane w specjalnie zaprojektowanej rdzennicy wykonanej z materiału „przezroczystego” dla fal elektromagnetycznych o częstotliwości 2,45 GHz, którym był politetrafluoroetylen PTFE. Dzięki temu szybkiemu i skutecznemu sposobowi utwardzania uzyskano zmniejszenie ilości spoiwa o około 30% oraz osnowy o około 60 %.

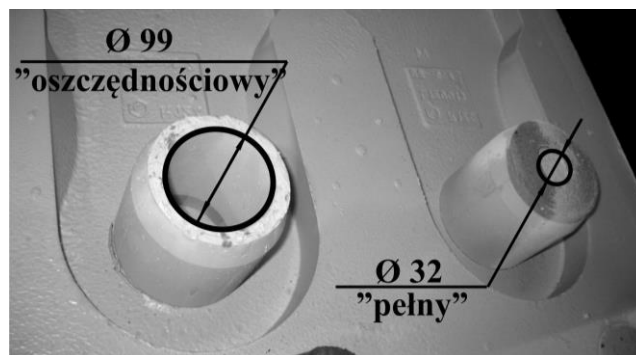
## 3. Materiały użyte w badaniach

W celu porównania kosztów wytwarzania zostały wykonane rdzenie z masy ze szkłem wodnym utwardzane czterema metodami: poprzez nagrzewanie mikrofalowe, w procesie suszenia konwencjonalnego, przedmuchiwanie CO<sub>2</sub> oraz w procesie Floster. Do wytwarzania rdzeni zastosowano: piasek

chromitowy z ZM Ropczyce SA o frakcji głównej 0,40/0,32/0,20, piasek kwarcowy z kopalni Nowogród Bobrzański o frakcji głównej 0,40/0,32/0,20, szkło wodne 145 z Zakładów Chemicznych „Rudniki” S.A. o module molowym:  $2,4 \div 2,6$  i gęstości w 20 °C:  $1,45 \div 1,48$  g/cm<sup>3</sup>. W procesie Floster zastosowano ciekły utwardzacz estrowy o zawartości diocyanu glikolu etylenowego wynoszącej min 85 %, gęstości 1,104 g/cm<sup>3</sup> i czasie żelowania 40 min.

Aby ułatwić rozprowadzenie spoiwa gat. 145 po powierzchni osnowy piaskowej oraz dla intensyfikacji absorpcji mikrofal, zastosowano niewielki dodatek wody w ilości 0,5 % wag. na 100 cz. wag. masy. Masy rdzeniowe przygotowano w mieszarce laboratoryjnej wstępnej mieszając składniki przez 240 s. Następnie we wcześniej złożonej rdzennicy zagęszczano wibracyjnie masę. Czas tych operacji trwał nie dłużej niż 98 s.

Rdzenie utwardzano czterema sposobami. W pierwszym – rdzeń „oszczędnościowy” (rys. 2) został utwardzony w rdzennicy w komorze pieca mikrofalowego w czasie 300 s przy zastosowaniu mocy 1000 W. W drugim – podczas tradycyjnego suszenia, piec został podgrzany do 110 °C, a po umieszczeniu rdzennicy z rdzeniem w jego komorze proces trwał 1110 s. W trakcie nagrzewania pieca pobór energii wynosił 1882 W. Po wstępnym nagrzaniu pobór prądu wahał się dla podtrzymania osiągniętej temperatury. W trzecim sposobie zastosowano CO<sub>2</sub>. Rdzeń został utwardzony w trakcie przedmuchiwania rdzennicy nieogrzewanym CO<sub>2</sub> przez 60 s. Czwarty sposób utwardzania polegał na dodaniu do masy ciekłego utwardzacza w ilości 0,4% [12]. Wstępnie utwardzony rdzeń wyjmowano z rdzennicy po upływie 1h i pozostawiano na 23 h w celu dalszego usunięcia wody.



Rys. 2. Wymiary rdzeni stosowanych w badaniach: prawy rdzeń „pełny” utwardzany za pomocą suszenia klasycznego, w procesie CO<sub>2</sub> oraz w technologii Floster; lewy rdzeń „oszczędnościowy” możliwy do wykonania za pomocą utwardzania mikrofalowego

## 4. Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono koszty bezpośrednie wytworzenia pojedynczego rdzenia z masy ze szkłem wodnym na osnowie piasku chromitowego, natomiast w tabeli 2 symulację dla rdzenia z masy na bazie osnowy kwarcowej na podstawie danych z publikacji [14]. W obu zestawieniach uwzględniono również założony koszt regeneracji mechanicznej suchej 1 kg zużytej masy po wybiciu rdzenia z odlewu.

Ze względu na warunki laboratoryjne, prototypowe rdzenie były wytwarzane pojedynczo, a koszty estymowano na partię produkcyjną. Pensje pracowników przyjęto na poziomie 12,90 zł/h brutto. Koszt pracy rozliczono proporcjonalnie do czasu wytwarzania. Pominięto koszt wytworzenia rdzennicy z PTFE, ponieważ ze względu na zbliżone przewodnictwo cieplne do drewna do obydwu typów rdzeni zastosowano taką samą rdzennicę. Pominięto również koszt zakupu mieszarek, zagęszczarek itp., uznając, że tego typu maszyny znajdują się na standardowym wyposażeniu rdzeniarni. Na podstawie symulacji kosztów jednostkowy rdzeń „oszczędnościowy”, utwardzany mikrofalowo, o zmniejszonej grubości ścianki i zredukowanej ilości spoiwa jest najtańszym zarówno w przypadku stosowania jako osnowy piasku chromitowego 5,25 zł (tab. 1), jak i kwarcowego 1,72 zł (tab. 2).

W przypadku produkcji seryjnej koniecznym jest uzupełnienie symulacji o urządzenia umożliwiające wykonywanie partii 2000, a nawet 5000 sztuk rdzeni miesięcznie. Przewidziano zatem zakup pieca mikrofalowego o mocy mikrofal 6,4 kW produkcji niemieckiej [15] o wymiarach komory: 800 x 1200 x 800 mm (szer. x wys. x głęb.) i cenę netto: 35 000 Euro. W przypadku suszenia klasycznego przewidziano zakup pieca o podobnej wielkości komory jak w mikrofalowym. Jest to przykład niskotemperaturowego pieca [16] z komorą suszarki wyposażoną w wózki, o następujących parametrach: 6 kW mocy, temperaturze max 250 °C i cenie netto 8 280 Euro. Do odpisów amortyzacyjnych, wzorując się na tabelach amortyzacji, przyjęto stawkę 10% rocznie. Miesięczny odpis, przy kursie 1 Euro = 4,20 zł, wynosi: dla pieca mikrofalowego 1225,00 zł, dla pieca konwencjonalnego 271,17 zł.

Tabela 1.

Zestawienie kosztów materiałowych i energii elektrycznej dla rdzeni wykonywanych na osnowie piasku chromitowego

Wyszczególnienie	j.m.	Cena jednostki [zł]	Utwardzanie mikrofalowe		Utwardzanie klasycznie		Utwardzanie CO <sub>2</sub>		Utwardzanie Floster S	
			Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]
<b>Koszty łącznie</b>				<b>5.25</b>		<b>9.35</b>		<b>9.33</b>		<b>9.25</b>
1. Piasek chromitowy	kg	1.3345	2.60	3.47	5.30	7.07	5.30	7.07	5.30	7.07
2. Szkło wodne (ilość w masie)	ml	0.0007	15.75 (1.0%)	0.01	32.11 (1.0%)	0.02	48.20 (1.5%)	0.03	48.20 (1.5%)	0.03
3. Energia mieszania	kWh		0.04	0.02	0.08	0.04	0.08	0.04	0.08	0.04
Energia zagęszczania	kWh	0.4880	0.0008	0.0004	0.0008	0.0004	0.0008	0.0004	0.0008	0.0004
Energia utwardzania	kWh		0.11	0.06	0.28	0.14	-	-	-	-
4. CO <sub>2</sub>	l	4.1678	-	-	-	-	0.07	0.29	-	-
5. Floster S	ml	0.0061	-	-	-	-	-	-	7.95	0.05
6. Płaca z narzutami	h	12.90	0,1011	1,3042	0,1011	1,3042	0,0997	1,2861	0,0997	1,2861
7. Regeneracja	kg	0.1453	2.60	0.38	5.30	0.77	5.30	0.77	5.30	0.77

Tabela 2.

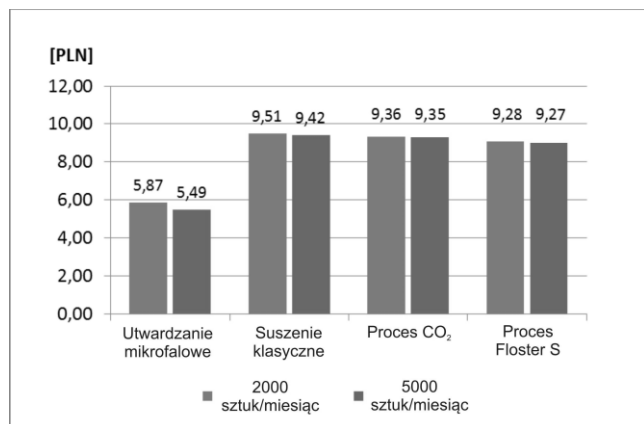
Zestawienie kosztów materiałowych i energii elektrycznej dla rdzeni wykonywanych na osnowie piasku kwarcowego

Wyszczególnienie	j.m.	Cena jednostki [zł]	Utwardzanie mikrofalowe		Utwardzanie klasycznie		Utwardzanie CO <sub>2</sub>		Utwardzanie Floster S	
			Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]	Ilość jednost.	Wartość [zł]
<b>Koszty łącznie</b>				<b>1.72</b>		<b>2.79</b>		<b>2.41</b>		<b>2.20</b>
1. Piasek kwarcowy	kg	0,0768	1,5	0,1151	3,2	0,2458	3,2	0,2458	3,2	0,2458
2. Szkło wodne (ilość w masie)	ml	0,0007	13,6375 (1,5%)	0,0092	29,0933 (1,5%)	0,0197	67,8773 (3,5%)	0,0458	67,8773 (3,5%)	0,0458
3. Energia mieszania	kWh		0,0233	0,0114	0,1750	0,0854	0,1750	0,0854	0,1750	0,0854
Energia zagęszczania	kWh	0,4880	0,0008	0,0004	0,0008	0,0004	0,0008	0,0004	0,0008	0,0004
Energia utwardzania	kWh		0,1218	0,0595	1,3834	0,6751	-	-	-	-
4. CO <sub>2</sub>	l	4,1678	-	-	-	-	0,0694	0,2891	-	-
5. Floster S	ml	0,0061	-	-	-	-	-	-	12,8000	0,0776
6. Płaca z narzutami	h	12,90	0,1011	1,3042	0,1011	1,3042	0,0997	1,2861	0,0997	1,2861
7. Regeneracja	kg	0.1453	1.50	0.22	3.20	0.46	3.20	0.46	3.20	0.46

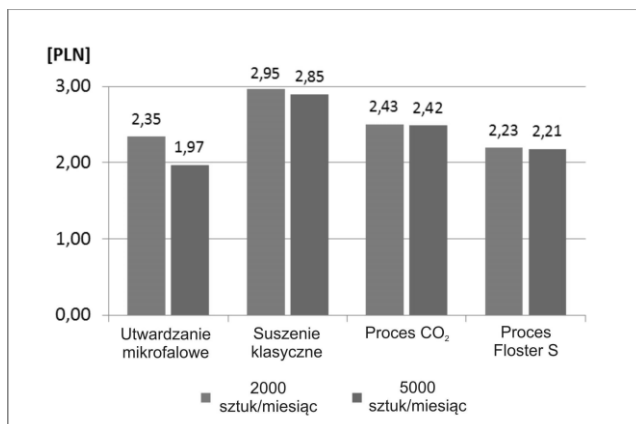
Jak wynika z analizy wyników symulacji kosztów wytwarzania seryjnego rdzeni z mas na osnowie piasku chromitowego (rys. 3), jak i piasku kwarcowego (rys. 5), ze względu na amortyzację, przy zestawieniu kosztów miesięcznych, opłacalność utwardzania za pomocą nagrzewania mikrofalowego jest ściśle powiązana

z wielkością partii produkcyjnych i materiałem osnowy. Przy założeniu, że rdzenie wykonane z masy na osnowie kwarcowej (rys. 4) są wykorzystywane do produkcji niewielkiej liczby odlewów np. 2000 sztuk miesięcznie (jeden rdzeń lub mu podobny), metody nie wymagające dużych nakładów inwestycyjnych stają się nieco bardziej

opłacalne. Jednak wraz ze zmianą osnowy na chromitową, zysk z oszczędności składników masy rdzeniowej sprzyja stosowaniu innowacyjnego nagrzewania mikrofalowego, nawet przy ilości 2000 sztuk rdzeni miesięcznie. W obu przypadkach użytej osnowy koszty jednostkowe wytwarzania seryjnego rdzeni maleją wraz ze wzrostem partii produkcyjnej (do 5000 sztuk) wskazując tym samym nagrzewanie mikrofalowe jako najbardziej opłacalne spośród wszystkich dostępnych metod utwardzania.

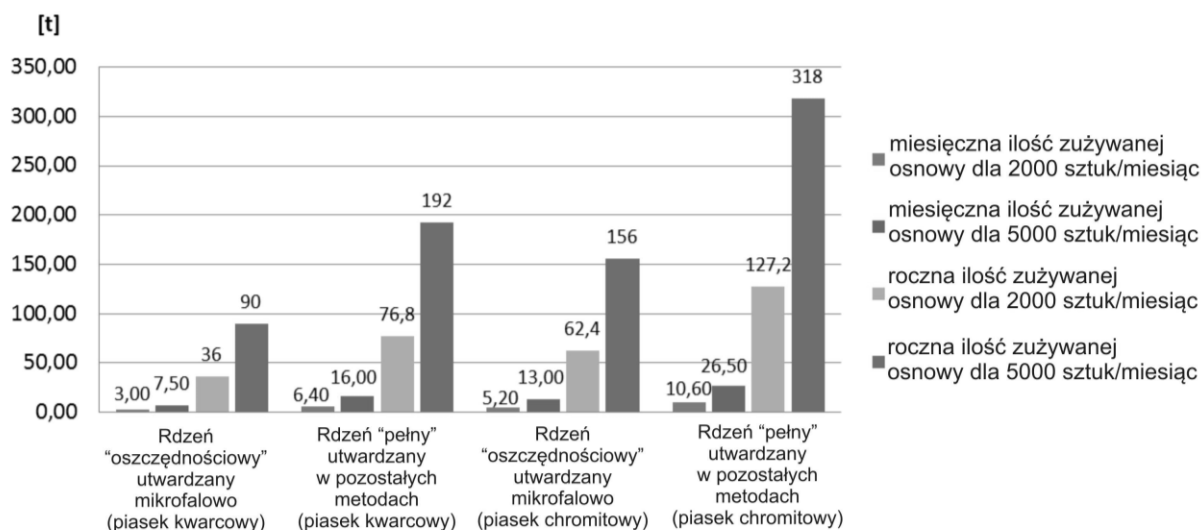


Rys. 3. Koszt jednostkowy rdzenia wykonywanego na osnowie chromitowej z uwzględnieniem amortyzacji



Rys. 4. Koszt jednostkowy rdzenia wykonywanego na osnowie kwarcowej z uwzględnieniem amortyzacji

Jednym z najbardziej istotnych aspektów zastosowania mikrofal do wytwarzania „oszczędnościowych” rdzeni, oprócz gwarancji wysokiej jakości utwardzonej masy, jest znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na osnowę tych mas w ujęciu miesięcznym i rocznym (rys. 5). Mniejsze zapotrzebowanie przekładać się będzie na znaczne ograniczenie ilości powstawania odpadów ze zużytych mas rdzeniowych.



Rys. 5. Zapotrzebowanie na osnowę kwarcową i chromitową masy rdzeniowej przy poziomie produkcji 2000 i 5000 sztuk rdzeni miesięcznie

## 5. Wnioski

Przedstawione w artykule porównanie czterech metod wytwarzania rdzeni z mas zawierających ekologiczne spoiwo - szkło wodne, wskazały na zasadność dalszego rozwoju technologii opartej na szybkim nagrzewaniu mikrofalowym. Zastosowane innowacyjne

rozwiązanie pokazuje, że „oszczędnościowe” rdzenie utwardzane mikrofalami pozwalają na znaczną redukcję zużycia świeżego piasku kwarcowego lub chromitowego w stosunku do tradycyjnego suszenia, procesu CO<sub>2</sub> lub procesu Floster S. Na podstawie przeprowadzonej symulacji, uwzględniającej wyniki dotychczasowych badań, należy zauważyć, że ważnym aspektem ekonomicznym stosowania

innowacyjnych rozwiązań, wykorzystujących działanie mikrofal, będzie znaczne ograniczenie zużycia świeżego piasku i spoiw, a przez to zmniejszenie kosztów ich: transportu, regeneracji i w efekcie końcowym utylizacji zużytych mas formierskich.

## Literatura

- [1] Dańko, J. & Holtzer, M. (2010). Metody ograniczenia odpadów z procesów odlewniczych oraz sposoby ich zagospodarowania. Wydawnictwo Naukowe Akapit: Kraków, pp. 23-33.
- [2] Dańko, J., Dańko, R. & Lucarz, M. (2007). Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich. Wydawnictwo Naukowe Akapit: Kraków, pp. 13-17.
- [3] Sakwa, W. & Wachelko, T. (1981). Materiały na formy i rdzenie odlewnicze, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice.
- [4] Wertz, Z. (1973). Badanie wpływu składu masy ze szkłem wodnym na zachowanie się ich w wysokich temperaturach, Prace Instytutu Odlewnictwa, Rok XXIII, nr 2/73, pp. 124–146.
- [5] Izdebska-Szanda, I. (2008). The study of correlation between the type and amount of modifier and high-temperature transformation sand residual strength of the masses with the modified sodium silicate, Prace Instytutu Odlewnictwa, Tom XLVIII, Zeszyt 1.
- [6] Jelinek, P. (2005). Rozwój spoiw nieorganicznych do dehydracyjnego utwardzania mikrofalowego, VIII Konferencja Odlewnicza Technical 2005.
- [7] Lewandowski, J. L. (1997). *Tworzywa na formy odlewnicze*, Akapit, Kraków.
- [8] Stachowicz, M., Granat, K. & Nowak, D. (2010). Studies on the possibility of more effective use of water glass thanks to application of selected methods of hardening, Archives of Foundry Engineering. 2010, Vol. 10, spec. iss. 2, pp. 135-140.
- [9] Stachowicz, M., Granat, K. & Nowak, D. (2011). Influence of water-glass grade and quantity on residual strength of microwave-hardened moulding sands. Pt. 1., Archives of Foundry Engineering, Vol. 11, spec. iss. 1, pp. 93-98.
- [10] Jelinek, P. & Polzin, H. (2003). Strukturuntersuchungen und Festigkeitseigenschaften von Natrium-Silikat-Bindern, Giesserei-Praxis, No. 2, pp. 51-60.
- [11] Granat, K., Nowak, D., Pigieli, M., Stachowicz, M. & Wikiera, R. (2009). Determination of application possibilities of microwave heating in the curing process of water glass moulding sands with fluid esters. Pt. 1, Archives of Foundry Engineering, Vol. 9, spec.iss. 1, pp. 45-50.
- [12] Isendorf, B. & Wilkosz, B. (1995). Możliwość i efektywność stosowania technologii Floster S przy modernizacji odlewni żeliwa i staliwa, Solidification of Metals and Alloys, No 25, pp. 77–82.
- [13] Holtzer, M. & Grabowska, B. (2008). Nowoczesne masy ze spoiwami nieorganicznymi, XI Konferencja Odlewnicza Technical 2008, pp. 93-98.
- [14] Małachowska, A., Stachowicz, M. & Granat, K. (2012). Innovative microwave hardening of water-glass containing sandmixes in technical-economic approach, Archives of Foundry Engineering, Vol. 12., 1, pp. 75-80.
- [15] <http://wichary.eu/>, 15.06.2011.
- [16] <http://www.lac.cz/produkty/katalogove-pece-susarny/prumyslove-pece-susarny-plastikarstvi-gumarenstvi-povrchove-/nizkoteplotni-pece-susarny-komorove-zavazecim-vozikem-sv/>, 15.06.2011.

# Comparison of Classical Methods and Modern Microwave to Manufacturing Cores from Water-Glass Containing Moulding Sands

The paper presents examination results of different, modern casting core production methods of water-glass moulding sands based on silica or chromite sand matrixes. Those sandmixes are harmless for the environment, neutral for humans and relatively cheap. Against the background of traditional methods of core making such as CO<sub>2</sub> process, liquid esters or traditional drying, the innovative method of rapid hardening by microwave heating permits restricting quantity of used materials, reduction of the residual strength and thus improves knock-out properties. In this paper, compiled is available information about microwave hardening of water-glass containing sandmixes, as well as residual strength properties of silica or chromite moulding sands, as well as a comparison of the costs of the practical application of this technology in the working foundry. In addition, some benefits are indicated, resulting from applying such an innovative and environment-friendly solution effectively replacing traditional, material and energy-consuming processes of preparing casting cores from water-glass containing moulding sands with chromite or silica matrixes.