

# Wykorzystanie regeneratu z technologii cold-box do wykonywania mas rdzeniowych

M. Łucarz

Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków  
Kontakt korespondencyjny: e-mail: eumar@agh.edu.pl

Otrzymano 22.10.2013, zaakceptowano do druku 12.12.2013

## Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki badań wpływu różnych sposobów regeneracji zużytych mas rdzeniowych na możliwość wykorzystania otrzymanego regeneratu do sporządzania rdzeni w technologii cold-box. Regenerację wykonano w dwóch urządzeniach: regeneratorsze mechanicznym REGMAS i doświadczalnym regeneratorsze termicznym. W wyniku zrealizowanych badań określono obszar działań, które można podjąć w celu wykorzystania regeneratu do produkcji rdzeni w technologii cold-box. Na bazie pozyskanego regeneratu po obróbce mechanicznej i dodatkowej obróbce termicznej wykonywano rdzenie do badania wytrzymałości na zginanie. Oceniano także wpływ dodatku świeżego piasku do regeneratu, w różnych proporcjach, na jakość otrzymywanych rdzeni pod względem wytrzymałości. Stwierdzono, na podstawie strat prażenia oraz odczynu pH, dużo większą skuteczność regeneracji kombinowanej (mechaniczno-termicznej) w stosunku do zastosowanej tylko regeneracji mechanicznej na oczyszczenie osnowy ziarnowej ze spoiwa. Wykazano także korzystny wpływ dodatku świeżego piasku do regeneratu na parametry wytrzymałościowe masy rdzeniowej wykonanej w technologii cold-box.

**Słowa kluczowe:** regeneracja mechaniczna, regeneracja termiczna, cold-box, straty prażenia.

## 1. Wprowadzenie

Bardzo istotną kwestią dla odlewni wykorzystujących piasek kwarcowy do sporządzania form jest zagospodarowanie zużytej masy formierskiej lub rdzeniowej. Wymogi ekonomiczne i ekologiczne coraz częściej skłaniają firmy do podjęcia decyzji związanych z realizacją stanowisk do regeneracji zużytych mas. Najpopularniejszym sposobem pozyskiwania na nowo do obiegu osnowy ziarnowej jest regeneracja mechaniczna. Najczęściej otrzymany tą drogą regenerat stosowany jest do wykonywania mas formierskich wypełniających. Dla zapelnienia całej przestrzeni formy często miesza się regenerat z świeżym piaskiem, w celu poprawy parametrów wytrzymałościowych masy formierskiej sporządzonej na bazie regeneratu. W przypadku spoiw organicznych dla uzyskania lepiej oczyszczonego regeneratu stosuje się regenerację termiczną. W większości przypadków regeneracja termiczna jest poprzedzona procesem kruszenia brył

wybitej masy, realizowany jest również zabieg separacji magnetycznej i klasyfikacji pneumatycznej, mającej za zadanie oddzielenie pyłów z procesu rozdrabniania i pyłów powstałych z wypalenia spoiwa w kontakcie z ciekłym metalem. Dopiero w drugim etapie (regeneracja właściwa) materiał o określonej granulacji poddawany jest obróbce termicznej w regeneratorsach termicznych, najczęściej z fluidalnym mieszanym złożem.

Zużyta masa rdzeniowa z technologii cold-box, czy to w postaci odrzuconych rdzeni, czy też wyseparowanych rdzeni po wybitciu odlewów wymaga podjęcia określonych działań, aby zawrócić osnowę ziarnową ponownie do obiegu wytwarzania nowych rdzeni na bazie regeneratu. W publikacji przedstawiono wyniki badań jakie podjęto dla wskazania skutecznych zabiegów umożliwiających wykonywanie rdzeni z otrzymanego regeneratu.

## 2. Materiały do badań

Badania zrealizowano dla następującego składu masy z technologii cold-box:

- osnowa – 100 cz. w. (świeży piasek kwarcowy, regenerat, lub mieszanina regeneratu i świeżego piasku)
- żywica Gasharz - 0,7% w stosunku do osnowy,
- aktywatora - 0,7% w stosunku do osnowy,
- Feranexu – 1,2% w stosunku do osnowy,
- katalizator GH-6 w ilości 1cm<sup>3</sup>/na 3 kształtki, ciśnienie dozowania 0,1 MPa.

Próbki masy rdzeniowej do badań wytrzymałości sporządzano z wykorzystaniem strzelarki doświadczalnej LUT-c do wykonywania kształtek i małych rdzeni metodą cold-box, CO<sub>2</sub> firmy Multiserw Morek. Rdzenie wykonywano przy ciśnieniu strzału wynoszącym 0,6 MPa. Określano wytrzymałość na zginanie po czasie odstawiania wynoszący 1h, 4h i 24 h.

## 3. Stanowisko badawcze

Regenerację rdzeni pochodzących z technologii cold-box zrealizowano w dwóch urządzeniach: regeneratorze mechanicznym REGMAS [1] oraz w regeneratorze termicznym ze złożem fluidalnym [2, 3].

Uniwersalny regenerator wibracyjny REGMAS, zintegrowany funkcjonalnie z pneumatycznym klasyfikatorem kaskadowym, jest przeznaczony do regeneracji mechanicznej suchej, praktycznie każdej masy zużytej. Może być instalowany w gniazdach regeneracji odlewni. Widok urządzenia z klasyfikatorem kaskadowym bez osłony zewnętrznej przedstawiono na rysunku 1. W urządzeniu zastosowano:

- kratę rozkruszającą i system 3 sit o malejącym prześwicie,
- sito do wyodrębnienia klasy ziarnowej regeneratu 1,25-1,5 mm
- wibracyjny system napędowy i ścierająco-kruszący w komorze buforowej o różnej intensywności pracy,
- wibracyjny system transportu procesowego, wewnątrz urządzenia,
- pneumatyczny system odpylenia i klasyfikacji osnowy w celu uzyskania określonej wielkości i jednorodności składu ziarnowego,
- automatyczny lub półautomatyczny system sterujący.

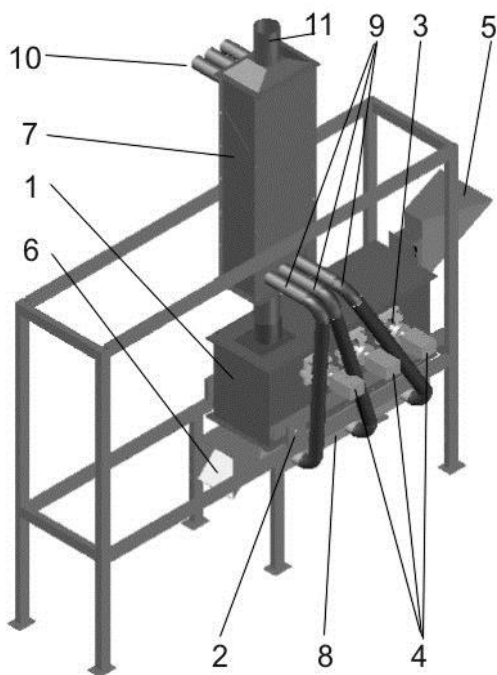
Obróbkę termiczną wykonano w doświadczalnym regeneratorsie termicznym, w którym podczas pracy regenerowana masa poddawana jest procesowi fluidyzacji. Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko badawcze. Urządzenie wyposażone jest w system pomiaru temperatury, który umożliwia regulację i zadanie zakresu temperatury destrukcji termicznej danego spoiwa organicznego. W trakcie procesu regeneracji złożo wypalanej masy było mieszane impulsami powietrza dostarczanego przez porowate dno. W badaniach wykorzystano sekwencyjne mieszanie złoża, polegające na podawaniu w ustalonej kolejności impulsu powietrza do poszczególnych sekcji – wydzielonych stref dna fluidalnego (rys. 3).



Rys. 1. Widok zespołu regeneratora REGMAS 1,5 na stanowisku badawczym na Wydziale Odlewnictwa AGH

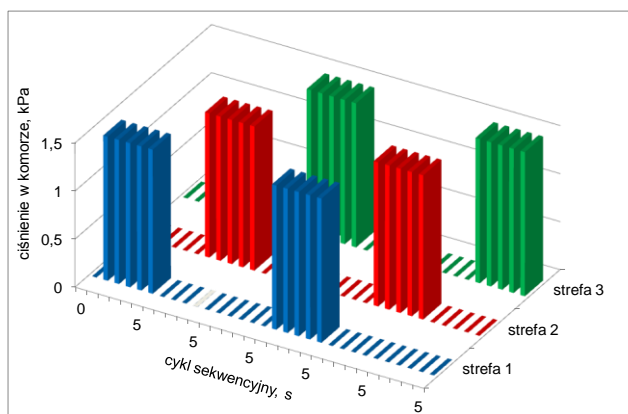


Rys. 2. Widok regeneratora termicznego na stanowisku badawczym na Wydziale Odlewniczym AGH



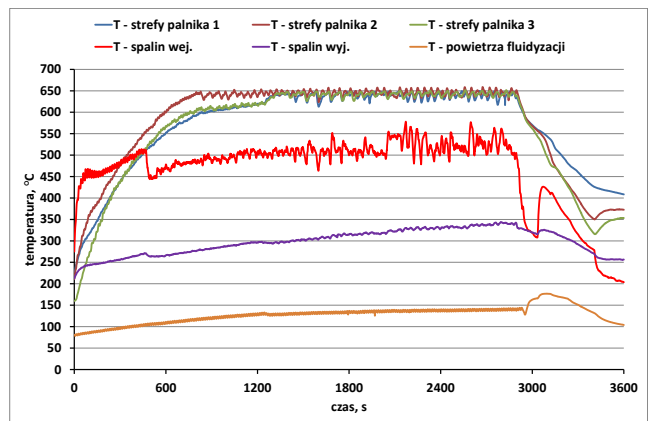
Rys. 3. Schemat ideowy regeneratora termicznego: 1 – komora regeneratora, 2 – łożysko, 3 – gniazdo palnika, 4 – palniki, 5 – zasyp masy zużytej, 6 – wysyp regeneratu, 7 – wymiennik ciepła, 8 – komora powietrza do fluidyzacji, 9 – doprowadzenia powietrza do poszczególnych stref dna fluidalnego, 10 – wlot powietrza do fluidyzacji.

Schemat pracy sterownika fluidyzacji przedstawiono na rysunku 4. Uzupelnieniem komory regeneracyjnej jest wymiennik ciepła działający w przeciwnym kierunku, w którym odzyskiwane jest ciepło ze spalin do podgrzania powietrza wykorzystywanego w procesie fluidyzacji regenerowanego złoża zużytej masy formierskiej lub rdzeniowej. Działanie to ogranicza, podczas realizowanego procesu, wychładzanie obrabianego termicznie materiału [4, 5]. Jednocześnie realizowane jest schładzanie spalin powstających w procesie spalania spoiwa organicznego.



Rys. 4. Sposób fluidyzacji złoża zastosowany w regeneracji termicznej

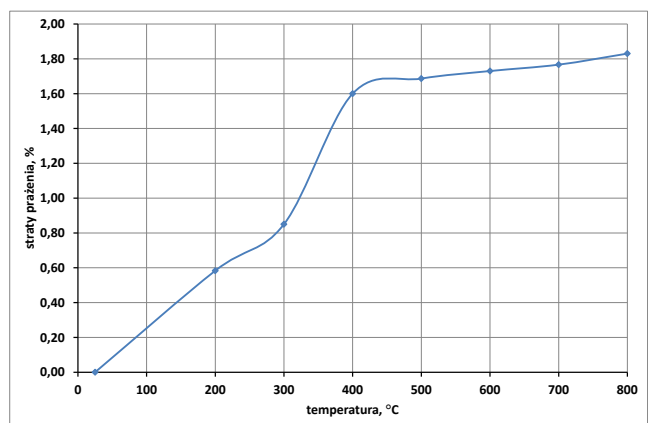
Regenerator termiczny wyposażony jest w rejestrator szeregu parametrów pracy. Na rysunku 5 przedstawiono zarejestrowane temperatury podczas zabiegu regeneracji badanej masy zużytej.



Rys. 5. Wykres temperatur zarejestrowanych podczas realizacji regeneracji termicznej zużytej masy z technologii cold-box

## 4. Wyniki badań

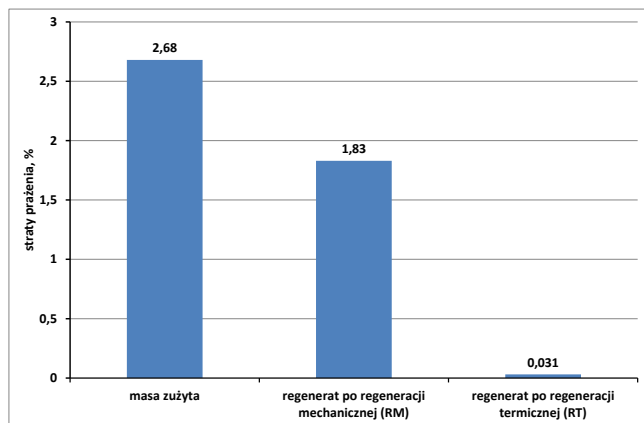
W celu określenia wymaganej temperatury regeneracji termicznej zużytej masy rdzeniowej wykonano badanie wpływu temperatury na destrukcję zużytego spoiwa. Otrzymane rezultaty przedstawiono na rysunku 6. Dla badanego materiału destrukcja termiczna intensywnie zachodzi do temperatury 500 °C. Powyżej tej temperatury straty prażenia zmieniają się w niewielkim zakresie. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń przyjęto, że regeneracja zużytej masy rdzeniowej zostanie zrealizowana w temperaturze 650 °C.



Rys. 6. Analiza wpływu temperatury prażenia zużytej masy rdzeniowej z procesu cold-box na destrukcję zużytego spoiwa

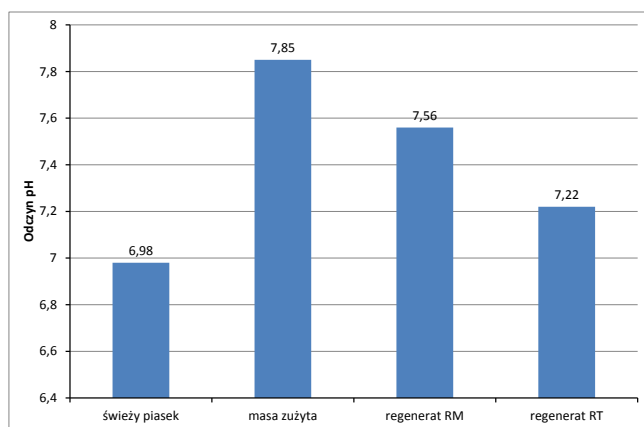
Podstawowym kryterium oceny regeneratu uzyskanego z masy ze spoiwem organicznym są straty prażenia. Na rysunku 7 przedstawiono wyniki strat prażenia materiału wyjściowego oraz regeneratów po różnych zabiegach oczyszczania z zużytego spoiwa. Zastosowanie obróbki mechanicznej w regeneratorze

REGMAS spowodowało usunięcie ok. 0,85% zużytego spoiwa, co stanowi w stosunku do całkowitej ilości materiału około 32% związanej żywicy. Zastosowanie w drugim etapie regeneracji termicznej w temperaturze 650 °C spowodowało destrukcję termiczną spoiwa o 2,65%, co stanowi 99% początkowej ilości spoiwa w użytej masie rdzeniowej.



Rys. 7. Straty prażenia masy zużytej w zależności od zastosowanego procesu oczyszczania osnowy

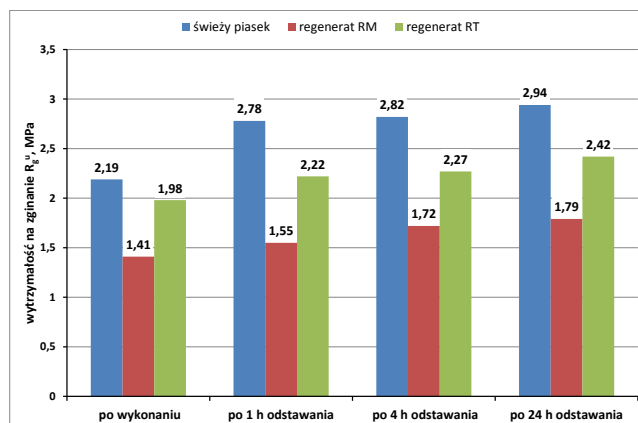
Ważnym kryterium oceny regeneratu jest także chemiczny charakter pozyskanego materiału. Na rysunku 8 zilustrowano zmiany odczyn pH regenerowanej zużytej masy rdzeniowej w zależności od zastosowanej obróbki. Zastosowane zabiegi sukcesywnie zmniejszają odczyn pH osnowy zastosowanej w analizie.



Rys. 8. Odczyn pH materiałów w zależności od stanu procesu oczyszczania osnowy

Przeprowadzona podstawowa ocena parametrów regeneratu po poszczególnych obróbkach oczyszczających wskazuje jednoznacznie, dla którego z nich uzyska się parametry technologiczne masy rdzeniowej najbardziej zbliżone do otrzymanych na świeżym piasku. Straty prażenia sugerują, że regenerat RT powinien zagwarantować lepsze właściwości masy rdzeniowej. Również odczyn pH regeneratu RT jest bardziej zbliżony wartością do świeżego piasku, co także wskazywałoby ten materiał jako bardziej predystynowany do wykonania masy rdzeniowej o parametrach

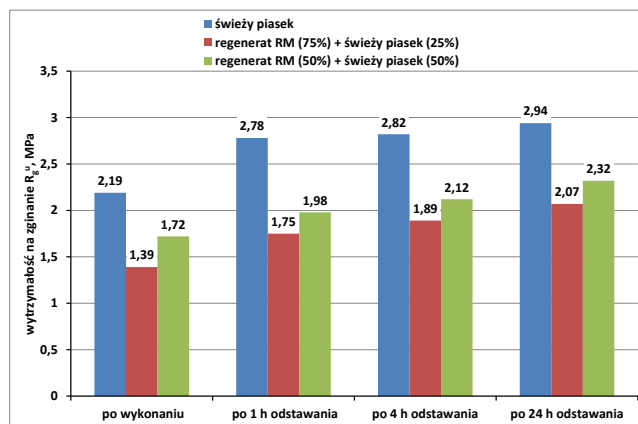
porównywalnych ze świeżymi składnikami. Znaczenie tych dwóch parametrów zweryfikowano wykonując masy rdzeniowe na bazie regeneratów i próbki do badań wytrzymałościowych (rys. 9).



Rys. 9. Wytrzymałość na zginanie próbek masy rdzeniowej w zależności od zastosowanej osnowy

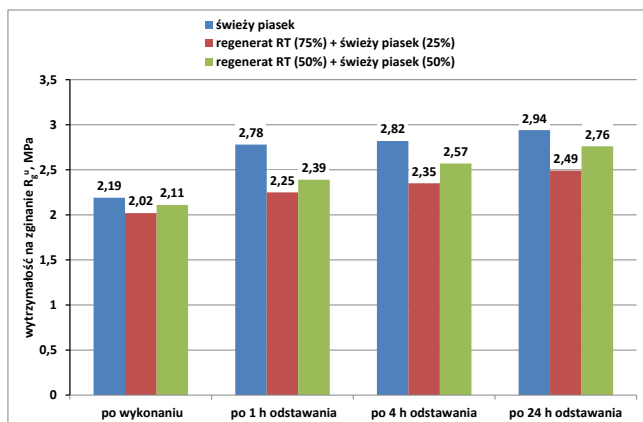
Zaprezentowane na rysunku 9 wyniki badań wytrzymałościowych wskazują, że zastosowane procesy obróbki zużytej masy rdzeniowej nie są w stanie zwrócić do obiegu osnowy gwarantującej powtarzalne parametry wytrzymałościowe wytwarzanych rdzeni. Bardziej skutecznie oczyszczonym regeneratem był materiał po regeneracji termicznej RT, ale należy pamiętać, że w badanym przypadku pozyskano go z procesu kombinowanego mechaniczno-termicznego.

Jakość regeneratu można poprawić przez dodanie świeżego piasku. Wykonano więc dodatkowe badania wytrzymałości na zginanie w stanie utwardzonym próbek w oparciu o regenerat z dodanym dodatkowo świeżym piaskiem w ilości 25% i 50%. Na rysunku 10 przedstawiono wyniki wpływu dodatku świeżego piasku do regeneratu RM na wytrzymałość masy rdzeniowej.



Rys. 10. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie próbek mas rdzeniowych przygotowanych z udziałem regeneratu RM i świeżego piasku

Wykonano także badania wpływu dodatku świeżego piasku do regeneratu po obróbce termicznej. Uzyskane rezultaty przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie próbek mas rdzeniowych przygotowanych z udziałem regeneratu RT i świeżego piasku

Wraz ze zwiększonym udziałem świeżego piasku w obu regeneratach uzyskiwano lepsze parametry wytrzymałościowe przygotowanych mas rdzeniowych w technologii cold-box. Regenerat po regeneracji termicznej z 50% zawartością świeżego piasku pozwolił uzyskać parametry wytrzymałościowe najbardziej zbliżone do tych jakie uzyskano dla świeżego piasku.

## 5. Wnioski

Przedstawione powyżej wyniki badań wskazują, jak trudno odzyskać ponownie osnowę ziarnową do obiegu technologicznego stosowanego w odlewni, przy zachowaniu powtarzalnych parametrów masy rdzeniowej.

Zastosowane kryteria oceny regeneratu często nie dają jednoznacznych przesłanek sugerujących o pełnej przydatności otrzymanej osnowy ziarnowej do ponownego wykorzystania w stabilnym procesie produkcyjnym. Określone w wyniku badań straty prażenia, regeneratu po obróbce termicznej, na poziomie 1% wskazują, że rdzenie wykonane na bazie tak oczyszczonej osnowy powinny charakteryzować się zbliżonymi parametrami wytrzymałościowymi. Jednak otrzymane w wyniku badań wartości zauważalnie odbiegają od otrzymanych w stosunku do wyjściowej osnowy ziarnowej. Po 24 godzinach odstawiania różnica wynosi 0,5 MPa. Dodatek 50% świeżego piasku umożliwił odtworzenie takich samych właściwości wytrzymałościowych, jak dla zastosowanych bazowych składników. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że dla badanego przypadku decydującym czynnikiem wpływającym na jakość masy rdzeniowej z technologii cold-box, jest chemiczny charakter regeneratu,

określany odczynem pH zastosowanej osnowy. Nawet pełna destrukcja termiczna związków organicznych tworzących spoiwo nie zagwarantowała pozyskania regeneratu „w pełni” oczyszczonego. Pozostałości związków nieorganicznych na powierzchni ziarn miały decydujące znaczenie na ponowne właściwości masy sporządzonej na bazie regeneratu. Zabiegi mieszania składników świeżych z używanymi poprawiają jakość regeneratu, ale wymagają kontroli, okresowej weryfikacji, co komplikuje proces technologiczny w odlewni i nie gwarantuje powtarzalności parametrów.

W badanym przypadku jedynie zabieg regeneracji trójstopniowej mechaniczno-termiczno-mechanicznej mógłby zagwarantować zadawalające oczyszczenie osnowy i przygotować materiał o właściwościach zbliżonych do świeżego piasku.

## Podziękowania

Publikacja opracowana w ramach pracy statutowej AGH nr 11.11.170.318 zadanie 2

## Literatura

- [1] Dańko, J., Dańko, R. & Holtzer M. (2012). Uniwersalny mechaniczny regeneratory wibracyjny do recyklingu osnowy mas zużytych. Archives of Foundry Engineering. Polish Academy of Sciences. Commission of Foundry Engineering. Vol. 10, Special Issue 1/2012, s. 15-20.
- [2] Łucarz M. (2012). Ekologiczne stanowisko do regeneracji termicznej zużytych mas formierskich. Archives of Foundry Engineering. Polish Academy of Sciences. Commission of Foundry Engineering. Vol. 10, Special Issue 1/2012, s. 125-130.
- [3] Łucarz, M. (2013). The influence of the configuration of operating parameters of a machine for thermal reclamation on the efficiency of reclamation process. Archives of Metallurgy and Materials. Vol. 58, issue 3, Warszawa – Kraków, s. 923-926.
- [4] Łucarz, M., Dańko, J., Dańko, R. & Bodzoń L. (2001). Analiza powierzchni ziarn osnowy poddanej regeneracji termicznej. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji. Vol. 21, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, s. 79–88.
- [5] Łucarz, M. (2006). The Condition of Silica Sand Grains Surface Subjected to Reclamation Treatment. Croatia, Metalurgija 45, 1, pp. 37–40.

# Utilisation of the Reclaim from the Cold-Box Technology in the Core Sands Production

## Abstract

The investigation results of influences of various reclamation methods of spent moulding sands on the possibility of applying the obtained reclaimed material for preparation of cores in the cold-box technology, are presented in the hereby paper. Reclamations were carried out in two devices: the mechanical reclaimer REGMAS and experimental thermal reclaimer. As the result of the performed investigations the range of operations, which can be undertaken in order to utilise the reclaimed material for cores production in the cold-box technology, was determined. On the bases of the obtained reclaim, after its mechanical treatment and an additional heat treatment, cores for bending strength tests were made. The influence of fresh sands additions to the reclaim - in various proportions - on the strength quality of the obtained cores, was also estimated. It was found, on the bases of ignition losses and pH values, that the effectiveness of the combined reclamation methods (mechanical- thermal) was much higher than the mechanical cleaning of matrix grains from binding materials. A beneficial influence of fresh sand additions on the strength parameters of the core sands made in the cold-box technology was also shown.