

**Regenerowalność mas formierskich z nowymi spoiwami nieorganicznymi
przeznaczonymi dla odlewów z metali nieżelaznych**

**Reclamability of moulding sands with new inorganic binders
for non-ferrous castings**

Irena Izdebska-Szanda, Michał Angrecki, Aleksander Palma

*Instytut Odlewnictwa, Zakład Technologii, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków
Foundry Research Institute, Department of Technology, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków*

E-mail: irena.szanda@iod.krakow.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań, stanowiących wycinek prac prowadzonych w ramach projektu POIG.01.01.02-00-015/09 „Zaawansowane materiały i technologie”, którego jednym z celów jest wprowadzenie do wykonywania odlewów z metali nieżelaznych, nowych, ekologicznych spoiw nieorganicznych.

Zastosowanie modyfikowanych chemicznie spoiw nieorganicznych ma na celu poprawę wybijałości i związanej z tym regenerowalności mas formierskich z udziałem stosowanego dotychczas w odlewnictwie spoiwa nieorganicznego (szkła wodnego), a tym samym umożliwienie stosowania spoiw ekologicznych do odlewania stopów metali nieżelaznych.

Regeneracja mas formiersko-rdzeniowych jest podstawowym i efektywnym sposobem zagospodarowania odpadów na miejscu w odlewni, zgodnie z wytycznymi ochrony środowiska. Dlatego przeprowadzone zostały badania regeneracji zużytych mas formiersko-rdzeniowych z nowymi gatunkami spoiw nieorganicznych opracowanych w ramach projektu. Wyniki tych badań zaprezentowano w artykule.

Badania te pozwoliły na określenie stopnia odzysku materiału użytecznego, jakim jest piasek zregenerowany, jak i stopnia jego wykorzystania w procesie produkcyjnym.

W artykule przedstawiono również wyniki badań regeneracji wielokrotnej, stanowiące kontynuację wcześniej prowadzonych badań wstępnych.

Opisane w artykule badania obejmują również walidację wyników w warunkach przemysłowych.

Słowa kluczowe: modyfikowane spoiwa nieorganiczne, regeneracja, regenerowalność

Abstract

The article presents results of an investigation which constitutes a section of research under the project POIG.01.01.02-00-015/09 “Advanced materials and technologies”, one of the aims which is the introduction of new ecological inorganic binders into making casts from non-ferrous metals.

The application of chemically modified inorganic binders aims at improving knock-out properties and related to it reclamability of moulding sands with the participation of, previously used in foundry practice, inorganic binder (water glass), and at the same time allowing the application of ecological binders for casting non-ferrous metal alloys.

Reclamation of moulding and core sands is a fundamental and effective way to manage waste on site at the foundry in accordance with the environmental guidelines. Therefore, studies of reclamation of waste moulding and core sands with new types of inorganic binders, developed within the framework of the project, were carried out. The article presents these results of the investigation.

These studies allowed determining the degree of recovery of useful material, that is the reclaimed sand, and the degree of its utilisation in the production process.

The article also presents the investigation results of multiple reclamation, which is the continuation of a previously conducted initial investigation.

The investigation described in the present article also includes the validation of results under industrial conditions.

Key words: modified inorganic binders, reclamation, reclamability

Wprowadzenie

Coraz ostrzejsze przepisy dotyczące ochrony środowiska oraz poprawy jakości produkowanych odlewów powodują wzrost zainteresowania masami o wysokiej jakości, z nietoksycznymi spoiwami nieorganicznymi [1–3]. Dlatego celem realizowanego projektu strukturalnego jest wprowadzenie do wykonywania form i rdzeni nowych, ekologicznych, modyfikowanych chemicznie spoiw nieorganicznych do odlewania stopów metali nieżelaznych. Zastosowanie modyfikowanych chemicznie spoiw nieorganicznych ma na celu ograniczenie niekorzystnych cech (gorsza wybijałość, mała podatność i związana z tym gorsza regenerowalność) [3–5], stosowanego dotychczas w odlewnictwie spoiwa nieorganicznego, jakim jest szkło wodne.

W technologiach wytwarzania mas formierskich i rdzeniowych opartych o spoiwa chemoutwardzalne, w tym spoiwa nieorganiczne, proces utwardzania jest nieodwracalny i masy po jednokrotnym użyciu stanowią odpad i wywożone są na wysypisko.

Zgodnie z ustawą o odpadach [6, 7], podstawową zasadą obowiązującą w gospodarce odpadami jest zapobieganie ich powstawaniu, a jeśli nie udało się temu zapobiec, zapewnienie zgodnego z zasadami ochrony środowiska odzysku. Proces składowania odpadów powinien być traktowany jako ostateczność.

W przypadku mas samoutwardzalnych, do których należą masy z nowymi spoiwami, regeneracja jest podstawowym i efektywnym sposobem zagospodarowania odpadów na miejscu w odlewni [8], zgodnie z wytycznymi ochrony środowiska [9, 10], zgodnie z którymi odpady, jeśli to możliwe, powinny być zagospodarowane w miejscu ich powstawania.

Dlatego w czasie realizacji jednego z etapów projektu prowadzone były próby i badania regeneracji zużytych mas formiersko-rdzeniowych z nowymi spoiwami, pozwalające na określenie stopnia odzysku użytecznego materiału formierskiego (piasku zregenerowanego), jak i stopnia jego wykorzystania w procesie produkcyjnym.

Cel prowadzonych badań, metodyka, stosowane materiały

Przy stale rosnących wymaganiach dotyczących ochrony środowiska coraz większego znaczenia nabierają te technologie, które przy zapewnieniu wymaganych parametrów technologicznych, zapewniają możliwie najmniejszą szkodliwość dla otoczenia. Dlatego celem realizowanego projektu strukturalnego jest wprowadzenie do wykonywania form i rdzeni nowych ekologicznych spoiw [11, 12] przy odlewaniu stopów z metali nieżelaznych, wraz z ich utylizacją.

Zastosowanie nowych modyfikowanych spoiw nieorganicznych pozwoli na zapewnienie dobrej wybi-

Introduction

Stricter environmental regulations which are related to environmental protection and improvement of quality of produced casts give rise to increased interest in high quality moulding sands with non-toxic inorganic binders [1–3]. That is why the aim of the structural project is to introduce new, ecological, chemically modified, inorganic binders into moulds and cores for making casts from non-ferrous metal alloys. The application of chemically modified inorganic binders aims at reducing unfavourable properties (deteriorating knock-out properties, low susceptibility and related deteriorating reclaimability) [3–5], of the previously used inorganic binder, that is water glass in foundry practice.

In technologies for manufacturing moulding and core sands, which are based on chemically hardened binders, including inorganic binders, the process of hardening is irreversible and moulding sands after single usage become waste and are disposed to landfill.

Pursuant to the Act on waste [6, 7], the basic rule which operates in waste management is to prevent its formation, and if it cannot be prevented, to provide reclamation which would be in accordance with the environmental protection regulations. The process of waste storage should be treated as a last resort.

In case of self-hardening moulding sands, which include moulding sands with new binders, reclamation is a fundamental and effective way of waste management on site at the foundry [8], in compliance with the environmental guidelines [9, 10], according to which waste, if possible, should be managed at the source of its formation.

That is why during the execution of one of the stages of the project trials and tests of reclamation of used moulding and core sands with new binders were made, which determined the degree of reclaimability of useful moulding material (reclaimed sand), and the degree of its utilisation in the production process.

The aim of conducted investigation, methodology, and materials

With stricter requirements related to environmental protection, more and more significant are technologies which provide required technological parameters and are possibly the least harmful to the environment. That is why the aim of the executed structural project is to introduce new ecological binders into moulds and cores [11, 12] for casting non-ferrous metal alloys, together with the utilisation of these binders.

The application of new modified inorganic binders will provide suitable knock-out properties of moulding sands with the participation of the said binders, at the

jalności mas z ich udziałem, przy zachowaniu odpowiedniego poziomu właściwości wytrzymałościowych. Dobra wybijalność mas wiąże się bezpośrednio z regenerowalnością mas odpadowych, co jest niezbędnym warunkiem efektywnego zagospodarowania odpadów.

Dlatego w ramach projektu prowadzone były próby i badania zużytych mas formiersko-rdzeniowych z nowej technologii, pozwalające na określenie stopnia odzysku użytecznego materiału formierskiego (piasku zregenerowanego), jak i stopnia jego wykorzystania w procesie produkcyjnym.

W badaniach stosowano dwa, opracowane w ramach projektu [11, 12], modyfikowane gatunki spoiw nieorganicznych, oznaczone symbolami „A” (modyfikowane 1% syntetycznego polimeru termoplastycznego) i „B” (modyfikowane 1% kopolimeru otrzymanego metodą polimeryzacji emulsyjnej). Próbę odniesienia stanowiło spoiwo oznaczone symbolem „O” – niemodyfikowany uwodniony krzemian sodu. Partie spoiw do badań wykonane zostały u producenta spoiw nieorganicznych – Vitrosilicon SA w Iłowej.

Utwardzaczem przy wykonywaniu mas ze spoiwami nieorganicznymi był utwardzacz estrowy – flodur 1.

Masy formierskie do wykonywania form testowych sporządzane były w oparciu o piasek kwarcowy z Kopalni Piasku Szczakowa (obecnie DB Schenker Rail Polska SA) 1K o frakcji głównej 0,20/0,40/0,315.

Do prób regeneracji wykorzystane zostały masy wybite z form wykonywanych z mas nowymi spoiwami nieorganicznymi, zalewanych stopami aluminium i miedzi.

Badania prowadzone były wg schematu poniżej:

- wykonanie masy na świeżym piasku,
- badania technologiczne masy na piasku świeżym w warunkach otoczenia,
- wykonywanie form i rdzeni z masy na świeżym piasku,
- zalewanie form i wybijanie,
- regeneracja masy zużytej,
- badania fizykochemiczne regeneratu,
- wykonanie masy z regeneratem,
- badania technologiczne masy z regeneratem w warunkach otoczenia.

W artykule przedstawiono wyniki badań dla stopów aluminium.

Laboratoryjne i przemysłowe próby regeneracji i badania uzyskanych produktów

Niezbędnym warunkiem efektywnego zagospodarowania odpadów jest, związana z dobrą wybijalnością [13], regenerowalność mas zużytych (odpadowych) [8, 14].

same time it will maintain a proper level of strength properties. Suitable knock-out properties of moulding sands are directly related to the reclamability of waste moulding sands, which is a necessary condition for effective waste management.

That is why within the framework of the project trials and tests of used technologically new moulding-core sands were made, which allowed to determine the degree of reclamation of useful moulding material (reclaimed sand), and the degree of its utilisation in the production process.

During the investigation two modified classes of inorganic binders were used, they were developed within the framework of the project [11, 12], and marked with symbols “A” (modified 1% of synthetic thermoplastic polymer) and “B” (modified 1% of copolymer obtained by emulsion polymerisation). The reference test constituted binder marked with the symbol “O” – unmodified hydrated sodium silicate. Batches of binders for tests were prepared in the production plant of a producer of inorganic binders – Vitrosilicon SA in Iłowa.

The hardener used for the production of moulding sands with inorganic binders was ester hardener – flodur 1.

Moulding sands for producing test moulds were made on the basis of quartz sand from Kopalnia Piasku Szczakowa [sand quarry] (at present DB Schenker Rail Polska SA) 1K with the main fraction 0.20/0.40/0.315.

For tests of reclamation moulding sands knocked-out from moulds made of moulding sands with new inorganic binders were used, which were filled with aluminium and copper alloys.

The tests were conducted according to the scheme below:

- preparing moulding sand from fresh sand,
- technological tests of moulding sand prepared from fresh sand under ambient conditions,
- making moulds and cores from moulding sand prepared from fresh sand,
- pouring into moulds and knocking-out,
- reclaiming used moulding sand,
- physicochemical tests of reclaim,
- preparing moulding sand with reclaim,
- technological tests of moulding sand with reclaim at ambient conditions.

In the article presented are test results for aluminium alloys.

Laboratory and industrial reclamation trials and tests of obtained products

An indispensable condition for effective waste management is, related to good knock-out properties [13], reclamability of used moulding sands (waste) [8, 14].

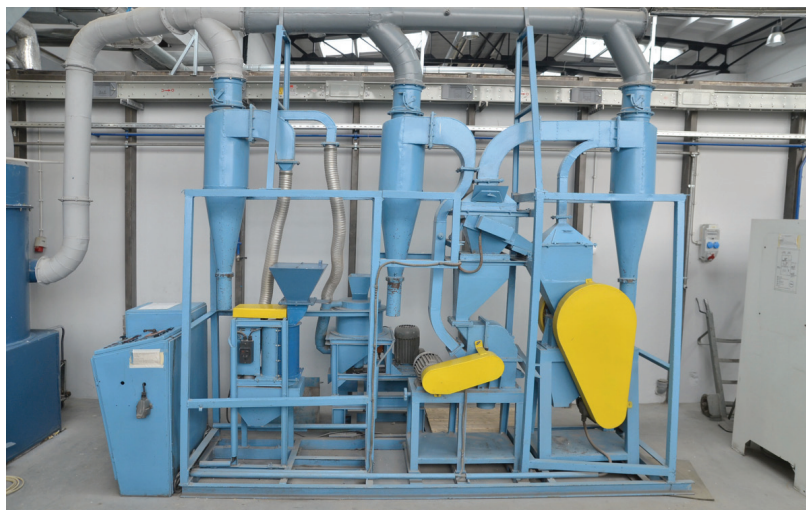
Dlatego w ramach projektu prowadzone były próby i badania zużytych mas formiersko-rdzeniowych z nowej technologii, pozwalające na określenie stopnia odzysku użytecznego materiału formierskiego (piasku zregenerowanego), jak i stopnia jego wykorzystania w procesie produkcyjnym [15].

W formach sporządzanych z nowymi modyfikowanymi uwodnionymi krzemianami sodu [8, 9] utwardzonymi dwuocianem glikolu etylenowego (2,5 cz. wag. spoiwa oraz 10% utwardzacza w stosunku do masy spoiwa), wykonywano odlewy ze stopu Al-Si (stop AlSi9). Materiał z wybitych po zalaniu form poddawano procesowi regeneracji.

Badania regeneracji prowadzone były zarówno w warunkach laboratoryjnych, na stanowisku doświadczalnym w Instytucie Odlewnictwa, jak i w warunkach półprzemysłowych w wytypowanej odlewni, jako walidacja uzyskanych wyników badań w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Próby regeneracji laboratoryjnej i badania uzyskanych produktów

Proces regeneracji mas prowadzono na stanowisku regeneracji laboratoryjnej, zainstalowanym w Instytucie Odlewnictwa, którego fotografię przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Modelowe stanowisko regeneracji mechanicznej piasków z mas samoutwardzalnych zainstalowane w Instytucie (fot. J. Witkowski)

Fig. 1. Model stand for mechanical reclamation of sands from self-hardening moulding sands, installed in the Foundry Research Institute (photo. J. Witkowski)

Materiały uzyskiwane na poszczególnych stopniach regeneracji poddawane były ocenie ilościowej. W wyniku regeneracji mechanicznej uzyskuje się około 90–92% materiału użytecznego, jakim jest piasek zregenerowany.

Uzyskane produkty przerobu i regeneracji zużytych mas zostały poddane ocenie laboratoryjnej.

That is why within the framework of the project trials and tests of used moulding-core sands of new technology were made, which allowed to determine the degree of reclamation of useful moulding material (reclaimed sand), and the degree of its utilisation in the production process [15].

In moulds prepared with new modified hydrated sodium silicates [8, 9] hardened with ethylene glycol diacetate (2.5 parts by weight of binder and 10% of hardener in relation to the mass of binder), casts of Al-Si alloy were made (AlSi9 alloy). After pouring into moulds the material which was knocked-out from moulds underwent the process of reclamation.

Reclamation tests were conducted both under laboratory conditions, at an experimental stand at the Foundry Research Institute, and under semi-industrial conditions in a selected foundry to validate the achieved test results under conditions resembling real conditions.

Laboratory reclamation trials and tests of obtained products

The reclamation process of moulding sands was conducted at a laboratory stand for reclamation, which was installed in the Foundry Research Institute; the stand is presented in Figure 1 below.

Materials obtained at particular stages of reclamation underwent quantitative assessment. As a result of mechanical reclamation approx. 90–92% of useful material is achieved, which is reclaimed sand.

The obtained products of processing and reclamation of used moulding sands underwent laboratory assessment. The results of the physicochemical test

Wyniki badań fizykochemicznych przedstawiono poniżej, w formie wykresów (rys. 3–7), łącznie z wynikami z próby przemysłowej.

Wszystkie piaski zregenerowane charakteryzowały się taką samą jak stosowany piasek świeży frakcją główną. W przypadku piasków zregenerowanych pochodzących z mas zużytych po zalaniu aluminium, korzystniejsze właściwości (lepiszczce, jednorodność, straty prażenia) uzyskuje się stosując spoiwo „B”.

Z udziałem piasku zregenerowanego wykonywane były masy zarówno do badań technologicznych, jak i na formy. Masy wykonywane z udziałem regeneratu, poddawane były ocenie technologicznej, obejmującej takie parametry, jak: wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie, przepuszczalność oraz, bardzo istotny w przypadku mas samoutwardzalnych, czas przydatności do formowania (żywność).

Masy do badań technologicznych wykonywano zgodnie z poniżej podanymi składami:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| – piasek świeży | 50,0–30,0 cz.wag. |
| – regenerat | 50,0–70,0 cz.wag. |
| – spoiwo | 2,5 cz.wag. |
| – utwardzacz flodur 1 | 0,3 cz.wag. |

Wyniki badań technologicznych przedstawiono w formie wykresów, na rysunkach 8–10, łącznie z wynikami badań z próby przemysłowej.

Piasek zregenerowany wraz ze wzrostem jego udziału w masie wpływa na znaczne skrócenie czasu przydatności masy do formowania, natomiast właściwości wytrzymałościowe tych mas wzrastają wraz z jego udziałem w masie. Przy wyższych od 70% udziałach piasku zregenerowanego, czas przydatności ulegał skróceniu do wartości uniemożliwiających wykonanie form o właściwych parametrach technologicznych, dlatego wyniki tych prób zostały pominięte w niniejszym artykule.

Przemysłowe próby regeneracji i badania uzyskanych produktów

Oprócz prowadzonych badań regeneracji na miejscu, w Instytucie Odlewnictwa, przeprowadzone zostały również testowe próby półprzemysłowe w wytypowanej odlewni, jako walidacja uzyskanych wyników badań w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Do przeprowadzenia próby przemysłowej regeneracji mas z nowymi spoiwami wytypowano odlewnię firmy HARDTOP Centrum Odlewnictwa Sp. z o.o. w Charsznicy, posiadającą stanowisko regeneracji uproszczonej, wyposażone w kruszarkę wibracyjną i system odpylania.

Masa wybita do próby regeneracji przemysłowej przygotowana została w Instytucie Odlewnictwa. Próbie regeneracji poddano po około 250 kg każdej z mas (ze spoiwami A i B).

are presented below in the form of diagrams (Figs. 3–7), together with results of the industrial trials.

All reclaimed sands were characterised by the same main fraction as it was in the case of fresh sand. In case of reclaimed sands which come from used moulding sands after being poured with aluminium, more favourable properties (bonding clay, homogeneity, losses during roasting) are achieved with binder “B”.

Moulding sands with the participation of reclaimed sand were made both for technological tests and moulds. Moulding sands prepared with the participation of reclaim, were assessed technologically, which included such parameters as: compressive strength, bending strength, permeability and, a very important parameter when it comes to self-hardening moulding sands, time of usefulness for moulding (operating life).

Moulding sands for technological tests were made with the ingredients given below:

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| – fresh sand | 50.0–30.0 parts by weight |
| – reclaim | 50.0–70.0 parts by weight |
| – binder | 2.5 parts by weight |
| – hardener flodur 1 | 0.3 parts by weight |

The results of technological tests are presented in the form of diagrams, in Figures 8–10, together with test results from the industrial trial.

Reclaimed sand together with the increase of its participation in moulding sand has an impact on considerable reduction of usefulness of moulding sand, on the other hand strength properties of such moulding sands increase together with the participation of reclaim in its bulk. With the participation of reclaimed sand higher than 70%, time of usefulness was shortened to values which prevented making moulds with proper technological parameters, that is why the results of these attempts were omitted in the present article.

Industrial reclamation trials and tests of obtained products

Besides the conducted tests of reclamation on site, at the Foundry Research Institute, semi-industrial tests were also made in a selected foundry, as validation of the achieved test results under conditions similar to normal foundry conditions.

A foundry HARDTOP Centrum Odlewnictwa Sp. z o.o. in Charsznica was selected for the industrial trial to reclaim moulding sand with new binders. The foundry has a stand for simplified reclamation, fitted with a vibratory crusher and a dust containment system.

Moulding sand knocked out for industrial reclamation trial was prepared at the Foundry Research Institute. Approx. 250 kg of each type of moulding sand (with binders A and B) underwent reclamation attempts.

Przebieg próby regeneracji przemysłowej pokazują zdjęcia poniżej (rys. 2).

Materiał zregenerowany odbierany był wprost do big-bagów i przewieziony został do Instytutu Odlewnictwa do dalszych badań.

The course of the reclamation attempt is presented in photos below (Fig. 2).

Reclaimed material was collected directly to large-bags and transported to the Foundry Research Institute for further tests.



Rys. 2. Próba regeneracji przemysłowej mas z nowymi spoiwami nieorganicznymi (fot. I. Izdebska-Szanda)

Fig. 2. Industrial reclamation attempt with new inorganic binders (photo I. Izdebska-Szanda)

Piasek zregenerowany z próby przemysłowej poddany został badaniom fizykochemicznym. Wyniki tych badań zamieszczono w formie wykresów (rys. 3–7).

Na wykresach przedstawiono dla porównania wyniki badań fizykochemicznych zarówno dla regeneratów uzyskanych drogą laboratoryjną, jak i na stanowisku przemysłowym.

Jak widać, piaski zregenerowane z próby przemysłowej są wprawdzie gorzej otarte z otoczki spoiwa (regeneracja uproszczona), ale znacznie lepiej odpylone, co korzystnie wpływa na właściwości technologiczne mas z piaskami regenerowanymi.

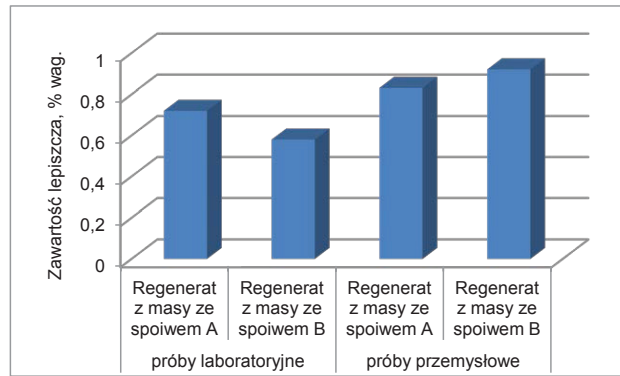
Z uzyskanymi piaskami zregenerowanymi z próby przemysłowej wykonywane były masy do badań technologicznych, analogicznych jak w przypadku prób laboratoryjnych, których wyniki przedstawiają wykresy poniżej (rys. 8–10).

Reclaimed sand from industrial trials underwent physicochemical tests. Results of these tests are presented in a form of diagrams (Figs. 3–7).

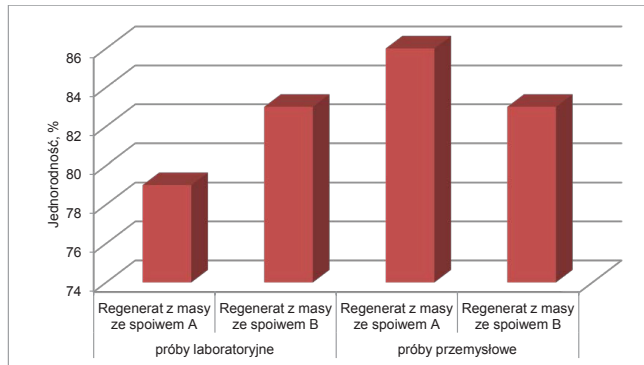
For comparison, results of physicochemical tests both for reclaim achieved in a laboratory stand and with the use of an industrial stand are presented.

As can be seen, reclaimed sands from the industrial trial are worse scraped of the binder film (simplified reclamation), but dust is removed much better, which positively influences technological properties of moulding sands with reclaimed sands.

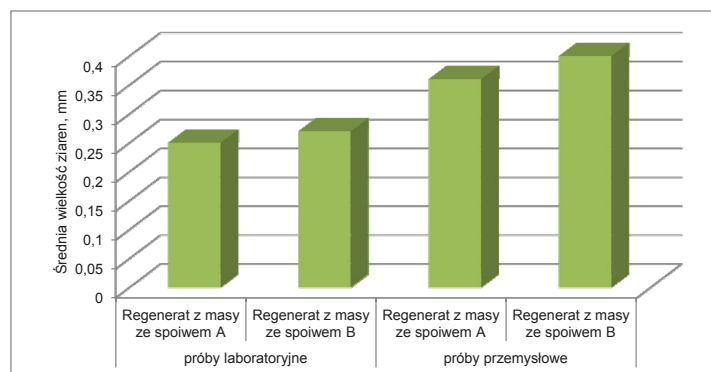
Moulding sands for technological tests were prepared from obtained reclaimed sands from the industrial trial. The tests were the same as in the case of laboratory trials, whose results are presented in the diagrams below (Figs. 8–10).



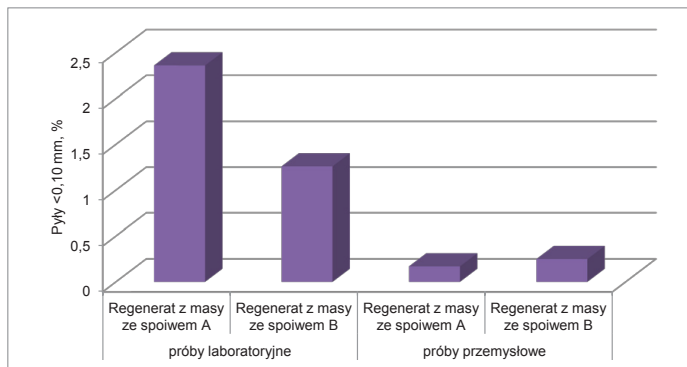
Rys. 3. Zawartość lepiszcza regeneratów z mas ze spoiwami z próby przemysłowej i laboratoryjnej – stopy Al
Fig. 3. Content of bonding clay of reclaim from moulding sands with binders from industrial and laboratory attempts – Al alloys



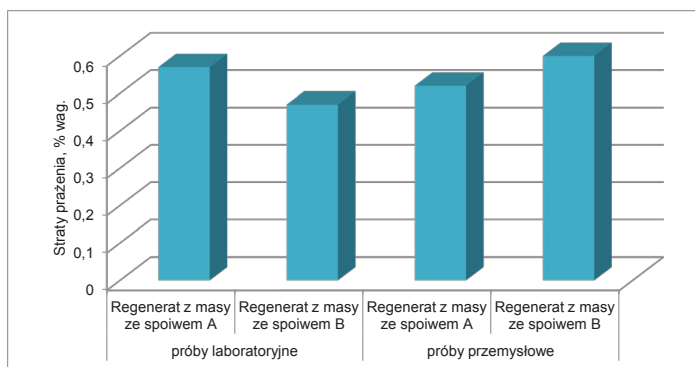
Rys. 4. Jednorodność regeneratów z mas ze spoiwami z próby przemysłowej i laboratoryjnej
Fig. 4. Homogeneity of reclaim from moulding sands with binders from industrial and laboratory attempts



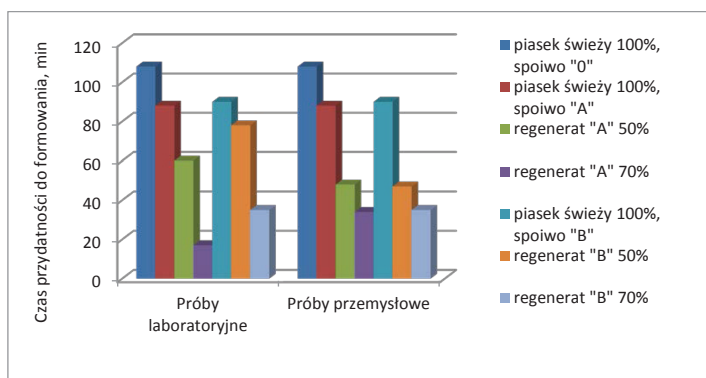
Rys. 5. Średnia wielkość ziaren regeneratów z mas ze spoiwami z próby przemysłowej i laboratoryjnej
Fig. 5. The average size of reclaim grains from moulding sands with binders from industrial and laboratory attempts



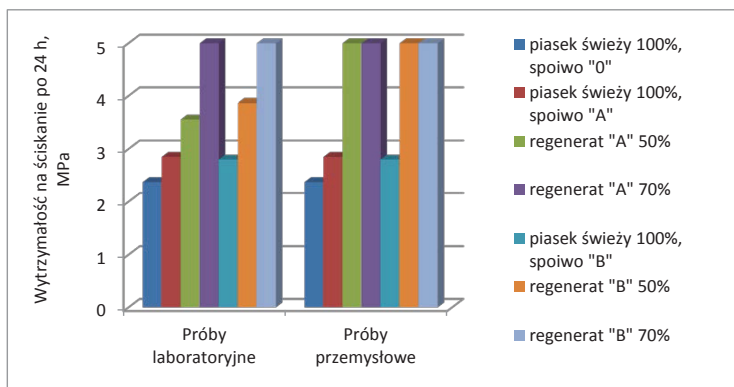
Rys. 6. Zawartość pyłów w regeneratach z mas ze spoiwami z próby przemysłowej i laboratoryjnej
 Fig. 6. Dust content in reclaim from moulding sands with binders from industrial and laboratory attempts



Rys. 7. Straty prażenia regeneratów z mas z nowymi spoiwami z próby przemysłowej i laboratoryjnej
 Fig. 7. Roasting losses of reclaim from moulding sands with new binders from industrial and laboratory attempts

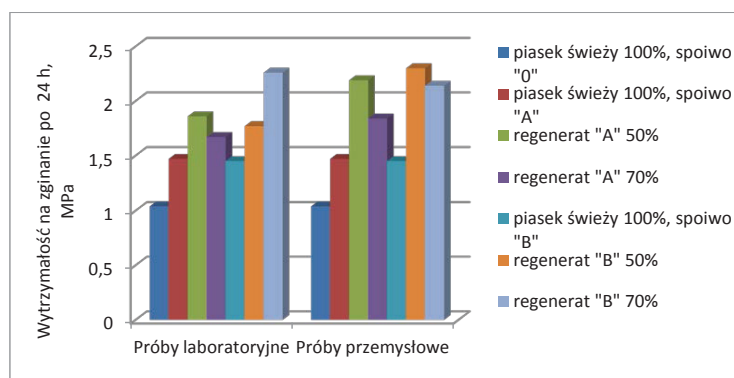


Rys. 8. Czas przydatności do formowania mas ze zmiennym udziałem piasku zregenerowanego z próby laboratoryjnej i przemysłowej – stopy Al
 Fig. 8. Time of usefulness of moulding sands with different participation of reclaimed sand from the laboratory and industrial attempts – Al alloys



Rys. 9. Wytrzymałość na ściskanie mas ze zmiennym udziałem piasku zregenerowanego z próby laboratoryjnej i przemysłowej – stopy Al

Fig. 9. Compressive strength of moulding sands with different participation of reclaimed sand from laboratory and industrial attempts – Al alloys



Rys. 10. Wytrzymałość na zginanie mas ze zmiennym udziałem piasku zregenerowanego z próby laboratoryjnej i przemysłowej – stopy Al

Fig. 10. Bending strength of moulding sands with different participation of reclaimed sand from the laboratory and industrial attempts – Al alloys

Próby przemysłowe potwierdziły możliwość stosowania piasku zregenerowanego w ilości do 70% w miejsce piasku świeżego.

Industrial trials proved the possibility to use reclaimed sand up to 70% in place of fresh sand.

Regeneracja wielokrotna

W wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych oceny stopnia powtórnego wykorzystania piasku zregenerowanego, ustalono, że jego udział w masie będzie wynosił do 70%, ze względu na wyraźne skrócenie czasu przydatności masy do formowania.

Z punktu widzenia przydatności masy do regeneracji i możliwości jej powtórnego wykorzystania, bardzo istotne jest jej zachowanie przy dłuższym stosowaniu regeneratu, zarówno pod kątem jej właściwości wytrzymałościowych, jak i w przypadku mas samoutwardzalnych pod względem długości czasu wiązania.

Dlatego kolejny, opisany poniżej etap badań polegał na przeprowadzeniu prób wielokrotnej regeneracji mas z nowym spoiwem nieorganicznym „B”,

Multiple reclamation

As a result of conducted laboratory tests of the assessment of the degree of repeated utilisation of reclaimed moulding sand it was stated that its share in the moulding sand will be up to 70%, due to a marked shortening of moulding suitability.

From the point of view of suitability of moulding sand for reclamation and the possibility to reuse it, very significant is its behaviour during longer use of reclaim, both when it comes to its strength properties, and, in case of self-hardening moulding sands, the length of bonding time.

That is why the next stage of the investigation (described below) consisted in conducting multiple reclamation trials of moulding sands with new inor-

w celu sprawdzenia skuteczności regeneracji w dłuższym czasie, jak będzie to miało miejsce w warunkach rzeczywistych w odlewni.

Badania prowadzone były wg schematu:

1 cykl obiegu

- wykonanie masy na świeżym piasku i badania technologiczne masy,
- wykonywanie form i rdzeni z masy na świeżym piasku,
- zalewanie form (stop AlSi9) i wybijanie,
- regeneracja masy zużytej i badania fizykochemiczne regeneratu,

2 do 10 cykl obiegu

- wykonanie masy z regeneratem i badania technologiczne masy,
- wykonywanie form i rdzeni z masy z udziałem regeneratu,
- zalewanie form (stop AlSi9) i wybijanie,
- regeneracja masy zużytej i badania fizykochemiczne regeneratu.

Proces regeneracji mas prowadzono na stanowisku regeneracji laboratoryjnej (rys. 1).

Uzyskane produkty przerobu i regeneracji zużytych mas zostały poddane ocenie laboratoryjnej. W wyniku regeneracji mechanicznej odzyskuje się od blisko 92% do prawie 94% materiału użytecznego, jakim jest piasek zregenerowany.

Dla uzyskanych produktów procesu regeneracji i dla porównania dla piasku świeżego przeprowadzono badania fizykochemiczne, a przykładowe wyniki istotnych dla oceny parametrów podano w formie wykresów (rys. 11 i 12). Badania wykonywane były po każdym cyklu obiegu.

anic binder "B", in order to check the effectiveness of reclamation over the longer term, as this will take place under real conditions in a foundry.

The tests were conducted according to the scheme below:

1 cycle loop

- preparing moulding sand from fresh sand and technological tests of moulding sand,
- making moulds and cores from moulding sand prepared from fresh sand,
- pouring into moulds (AlSi9) and knocking-out,
- reclamation of used moulding sand and physicochemical tests of reclaimed sands,

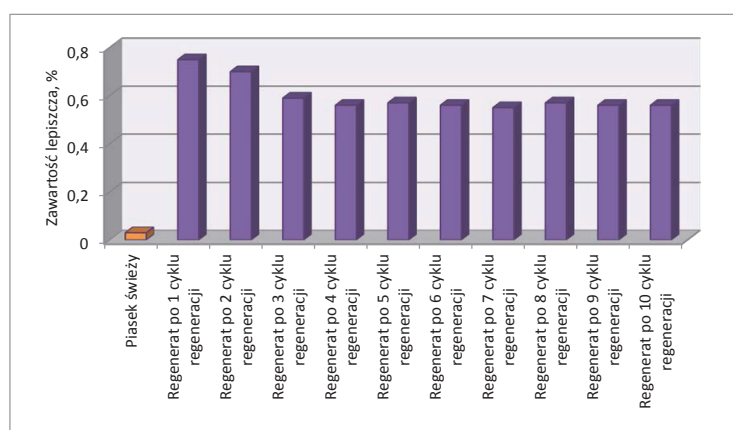
2 to 10 cycle loops

- preparing moulding sand from reclaimed sand and technological tests of moulding sand
- making moulds and cores from moulding sand prepared from reclaimed sand,
- pouring into moulds (AlSi9) and knocking-out,
- reclamation of used moulding sand and physicochemical tests of reclaimed sand.

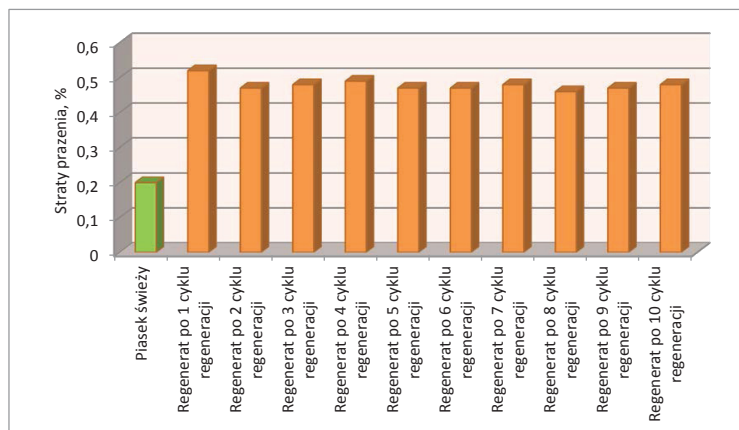
The process of reclamation was carried out at the stand for laboratory reclamation (Fig. 1).

The obtained products after processing and reclamation of used moulding sands underwent laboratory assessment. As a result of mechanical regeneration, reclamation is from 92% to almost 94% of useful material which is regenerated sand.

For the obtained products after the reclamation process and for comparison for fresh sand physicochemical tests were made and exemplary results of relevant parameters for the assessment are given in a form of diagrams (Figs. 11, 12). Tests were made after each cycle loop.



Rys. 11. Zawartość lepiszcza w materiałach z regeneracji wielokrotnej mas samoutwardzalnych
Fig. 11. Bonding clay content in materials from multiple reclamation of self-hardening moulding sands



Rys. 12. Zawartość strat prażenia w materiałach z regeneracji wielokrotnej mas samoutwardzalnych
 Fig. 12. Content of roasting losses in materials from multiple reclamation of self-hardening moulding sands

Zarówno masy na świeżym piasku, jak i wykonywane z udziałem regeneratu, poddawane były badaniom technologicznym, takim jak: wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie, przepuszczalność oraz określany był czas przydatności do formowania.

Masy do badań technologicznych wykonywano zgodnie z poniżej podanymi składami:

1 cykl obiegu

- piasek świeży 100,0 cz.wag.
- spoiwo B 2,5 cz.wag.
- utwardzacz 0,25 cz.wag.

2-10 cykl obiegu

- piasek świeży 30,0 cz.wag.
- regenerat 70,0 cz.wag.
- spoiwo B 2,5 cz.wag.
- utwardzacz 0,25 cz.wag.

Moulding sands made both from fresh sand and with the participation of reclaim underwent technological tests, such as: compressive strength, tensile strength, permeability, and time of usefulness.

Moulding sands for technological tests were prepared according to the ingredients given below:

1 cycle loop

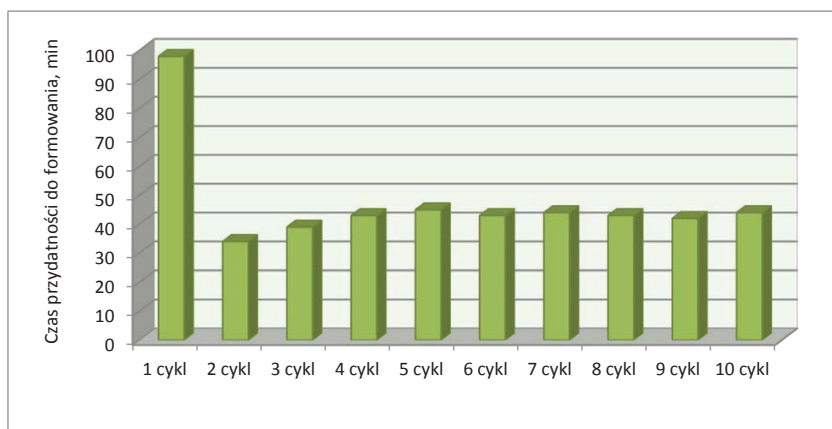
- fresh sand 100.0 parts by weight
- binder B 2.5 parts by weight
- hardener 0.25 parts by weight

2-10 cycle loops

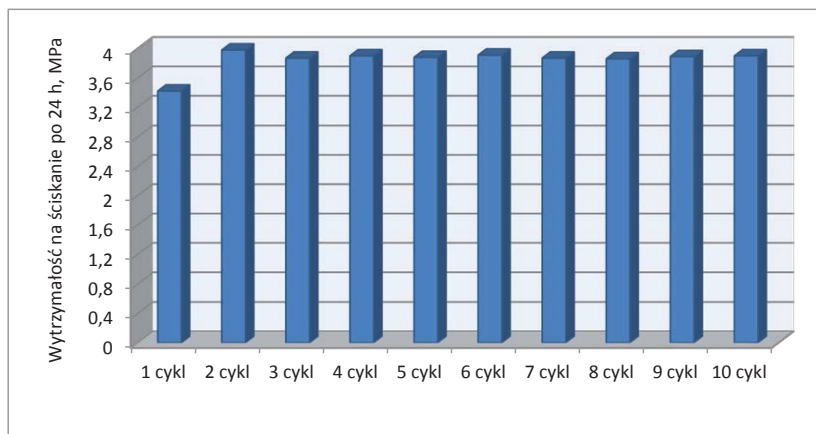
- fresh sand 30.0 parts by weight
- reclaim 70.0 parts by weight
- binder B 2.5 parts by weight
- hardener 0.25 parts by weight

Test results are presented in the form of diagrams – Figures 13 to 15.

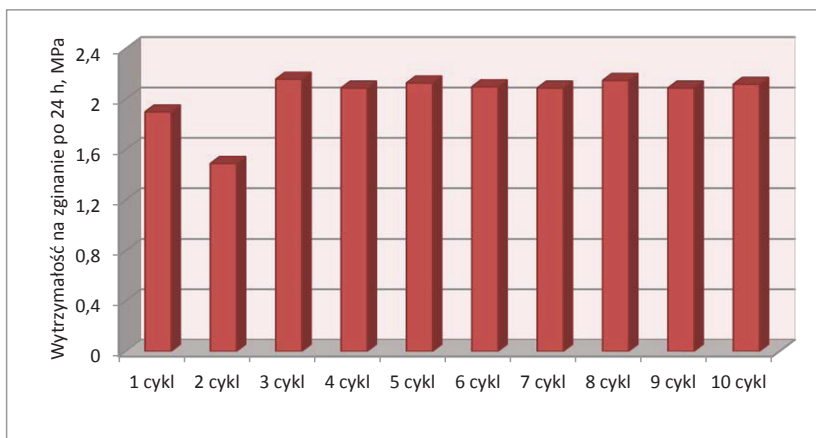
Wyniki badań przedstawiono w formie wykresów – rysunki 13 do 15.



Rys. 13. Czas przydatności do formowania mas z regeneratem po regeneracji wielokrotnej
 Fig. 13. Time of usefulness of moulding sands with reclaim after multiple reclamation



Rys. 14. Wytrzymałość na ściskanie mas z regeneratem po regeneracji wielokrotnej
Fig. 14. Compressive strength of moulding sands with reclaim after multiple reclamation



Rys. 15. Wytrzymałość na zginanie mas z regeneratem po regeneracji wielokrotnej
Fig. 15. Bending strength of moulding sands with reclaim after multiple reclamation

Masy sporządzone z udziałem modyfikowanych spoiw nieorganicznych z regeneratem z regeneracji wielokrotnej po pierwszym cyklu obiegu uzyskują nieco niższą wytrzymałość na zginanie niż masy na piasku świeżym, ale po kolejnych cyklach jakość mas poprawia się i stabilizuje.

Cenną obserwacją, przydatną przy pracach aplikacyjnych do przemysłu, jest fakt, że czas przydatności do formowania tych mas utrzymuje się na stałym poziomie (poza cyklem 2), pozwalającym na zaformowanie bez utraty właściwości wiążących.

Podsumowanie

Modyfikacja chemiczna spoiw nieorganicznych wpływa korzystnie na regenerowalność mas z ich udziałem.

Przeprowadzone próby pozwalają na stwierdzenie, że ilość użytecznego materiału uzyskanego w wyniku regeneracji, możliwego do ponownego zastosowania do wykonywania mas formierskich wynosi do 70%.

Moulding sands prepared with the participation of inorganic binders with reclaimed sand from multiple reclamation after the first cycle loop have slightly lower bending strength than moulding sands from fresh sand, but after consecutive cycles the quality of moulding sand improves and stabilises.

A valuable observation, useful for application works in the industry, is the fact that the shelf life of these moulding sands stays at the same level (except cycle 2), which allows moulding without the loss of binding properties.

Summary

Chemical modification of inorganic binders positively influences reclamability of moulding sands with their participation.

After conducted trials it can be stated that the amount of useful materials obtained as a result of reclamation, which can be reused for manufacturing moulding sands, is up to 70%.

Walidacja wyników badań laboratoryjnych w warunkach przemysłowych potwierdza celowość stosowania procesu regeneracji, nie tylko ze względów ekologicznych, ale również z powodu korzystnego wpływu na czas przydatności mas do formowania, bardzo istotny ze względu na organizację cyklu produkcyjnego.

Przeprowadzone próby wielokrotnej regeneracji mas z nowymi spoiwami nieorganicznymi, potwierdziły skuteczność i efektywność zarówno samego procesu regeneracji, jak i zagospodarowania do 70% piasku zregenerowanego do wykonywania świeżych mas w dłuższym okresie czasu, jak będzie to miało miejsce w warunkach rzeczywistych w odlewni.

Podziękowania

W artykule przedstawiono wyniki części badań prowadzonych w ramach projektu POIG.01.01.02-00-015/09 „Zaawansowane materiały i technologie”, Obszar VII Zadanie 3. „Ekologiczne technologie formy i rdzenia dla odlewów z metali nieżelaznych wraz z ich recyklingiem i utylizacją” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej i budżetu państwa.

Validation of laboratory tests under industrial conditions proves the purposefulness of the application of the reclamation process, not only due to ecological reasons, but also because of a favourable impact on time of usefulness of moulding sands, which is very important because of the organisation of the production cycle.

The conducted multiple reclamation trials of moulding sands with new inorganic binders, proved the efficacy and effectiveness of both the reclamation process itself, and management of up to 70% reclaimed sand to prepare fresh moulding sands over a longer period of time, as this will take place under real conditions in a foundry.

Acknowledgements

The article presents results of investigation which constitutes a section of research under the project POIG.01.01.02-00-015/09 “Advanced materials and technologies”, Target area VII Task 3. “Ecological technologies of mould and core for casts from non-ferrous metals together with their recycling and utilisation” co-financed by EU funds and the national budget.

Literatura/References

1. Jelinek P., Skuta R. (2003). Modifikovane sodne silikaty, nova alternativa anorganickych slevarenskych pojiv. *Materials Engineering*, 10(3), 283–286.
2. Vasková I., Bobok Ľ. (2002). Some knowledge of the water glass modification by the phosphate compounds. *Acta Metallurgica Slovaca*, 8(2), 161–167 (in Slovak).
3. Baliński A. (2009). *O strukturze uwodnionego krzemianu sodu jako spoiwa mas formierskich*. Kraków: Instytut Odlewnictwa.
4. Izdebska-Szanda I. (2009). *Moulding sand with silicate binder characterized by beneficial technological and ecological properties*. Poznań: Faculty of Mechanical Engineering and Management, Poznań University of Technology (Unpublished doctoral dissertation).
5. Baliński A., Izdebska-Szanda I. (2004). Effect of morphoactive modifiers of hydrated sodium silicate on temperature transformations taking place in moulding sands prepared with this binder. *Archives of Mechanical Technology and Automation*, 24, 19–29.
6. The Act on waste of April 20, 2001. Acts. U. No. 62, item. 628 (in Polish).
7. European Parliament and Council Directive 2006/12/WE of 05.04.2006 on waste.
8. Dańko J., Dańko R., Łuczarski M. (2007). *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit”.
9. National Waste Management Plan – NWMP-adopted as a regulation (Resolution No. 219 of the Council of Ministers of 29.10.2002 year – Polish Monitor of 2003, Nr 11, poz. 159; in Polish).
10. Holtzer M., Dańko J. (eds.). (2010). *Capabilities and limitations of the methods of waste foundry processes*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit”.
11. Izdebska-Szanda I., Szanda M., Matuszewski S. (2011). Technological and ecological studies of moulding sands with new inorganic binders for casting of non-ferrous metal alloys. *Archives of Foundry Engineering*, 11(1), 43–48.
12. Izdebska-Szanda I., Baliński A. (2011). New generation of ecological silicate binders. *Procedia Engineering*, 10, 887–893, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.146>. DOI: 10.1016.
13. Izdebska-Szanda I., Angrecki M., Matuszewski S. (2012). Investigating of the knocking out properties of moulding sands with new inorganic binders used for casting of non-ferrous metal alloys in comparison with the previously used. *Archives of Foundry Engineering*, 12(Special Issue 2), 117–120.

14. Dańko J., Holtzer M., Dańko R. (2010). Criteria of an advanced assessment of the reclamation process products. *Archives of Foundry Engineering*, 10(3), 25–28.
15. Izdebska-Szanda I., Baliński A., Angrecki M. (2012). Evaluation of reclamability of molding sands with new inorganic binders. *Archives of Foundry Engineering*, 12(2), 35–40.