

# Wpływ dodatku regeneratu na właściwości mas z żywicą furanową stosowanych na formy do odlewów ze staliwa manganowego

<sup>1</sup>\* M. Holtzer, <sup>1</sup>A. Bobrowski, <sup>1</sup>D. Drożyński, <sup>2</sup>B. Isendorf, <sup>2</sup>M. Mazur

<sup>1</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Odlewnictwa, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

<sup>2</sup> Prezes Zakładu Odlewniczego MODELFORM w Rybniku

\*Kontakt korespondencyjny: e-mail: holtzer@agh.edu.pl

Otrzymano 16.04.2012; zaakceptowano do druku 02.07.2012

## Streszczenie

W artykule omówiono wpływ dodatku regeneratu uzyskiwanego procesie regeneracji mechanicznej do masy z żywicą furfurylową na osnowie piasku kwarcowego. Określono wpływ udziału regeneratu na takie parametry masy jak: wytrzymałość na rozciąganie, ścieralność, przepuszczalność i żywotność masy. Badania prowadzono przy udziale regeneratu w osnowie w ilości od 20 do 100%. Uzyskane wyniki wykazały, że optymalne właściwości, uzyskuje masa o składzie 60% regeneratu, 1 cz. mas. żywicy i 0,5 cz. mas. utwardzacza.

**Słowa kluczowe:** staliwo manganowe, masy furanowe, regenerat, masy furanowe, spoiwa furanowe

## 1. Wprowadzenie

Przedstawione w artykule badania zostały wykonane w ramach projektu celowego realizowanego w Zakładzie Odlewniczym MODELFORM w Rybniku. Celem przedstawionych w artykule badań było określenie optymalnego dodatku regeneratu do mas z żywicą furfurylową, stosowanych na formy dla odlewów ze staliwa manganowego, zapewniającego uzyskanie odlewów wysokiej jakości [1].

W Zakładzie Odlewniczym MODELFORM do wykonywania odlewów ze staliwa stosuje się formy z mas na osnowie piasku kwarcowego wiązane żywicą PERMASET 839 utwardzaną utwardzaczem PERMACAT 132 produkcji EUROTEK. Zakład posiada instalację do regeneracji mechanicznej zużytych mas. Udział regeneratu w masie jest zmienny, w zależności od rodzaju stopu odlewniczego, z którego wykonywane są odlewy.

## 2. Materiały stosowane do badań

Do badań wytypowano następujące materiały:

- osnowa:
  - piasek kwarcowy (stosowany dotychczas w odlewni) (pH = 6,8, temperatura topnienia 1670°C) (skład ziarnowy piasku podano w tabeli 1)
  - regenerat uzyskany w odlewni z regeneracji masy na osnowie piasku kwarcowego z żywicą furanową (charakterystykę regeneratu podano w tabeli 2)
- spoiwo
  - żywica furanowa PERMASET 839 (kwaśna) i utwardzacz PERMACAT 132 firmy EUROTEK [4]. Żywica ta zawiera 60-75% alkoholu furfurylowego, poniżej 1% fenolu i poniżej 1% formaldehydu. Jest cieczą o barwie (w 20°C). Żywica Permaset 839 jest cięższa od wody i nie

rozpuszcza się w niej, ulega biodegradacji jedynie częściowo. Odpady należy składować na zarejestrowanych wysypiskach lub zastosować inne metody przewidziane dla odpadów toksycznych lub niebezpiecznych [2, 3, 5-10].

### 3. Składy badanych mas oraz stosowana metodyka

W celu określenia właściwości mas przebadano następujące składy mas:

- osnowa: piasek kwarcowy + regenerat (w ilości od 0 do 100%)
- spoiwo: żywica PERMASET 839 (w zakresie 0,8 cz. mas. do 1,2 cz. mas.)
- utwardzacz PERMACAT 132 (w zakresie od 0,3 cz. mas. do 0,6 cz. mas.);

W tabeli 1 przedstawiono analizę ziarnową piasku kwarcowego, a w tabeli 2 regeneratu uzyskanego z masy na osnowie piasku kwarcowego z żywicą Permaset 839 i utwardzaczem Permacat 132.

Badano następujące parametry mas:

- wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  ;
- ścieralność S;
- przepuszczalność  $P^u$  ;
- żywotność  $\check{Z}$  (czas przydatności do formowania);

Masy sporządzano w krążnikowej mieszarce laboratoryjnej typ LM-1 stosując następującą kolejność wprowadzania składników i czasy mieszania: osnowa piaszkowa + utwardzacz - 1,5 minuty + żywica - 1,5 minuty.

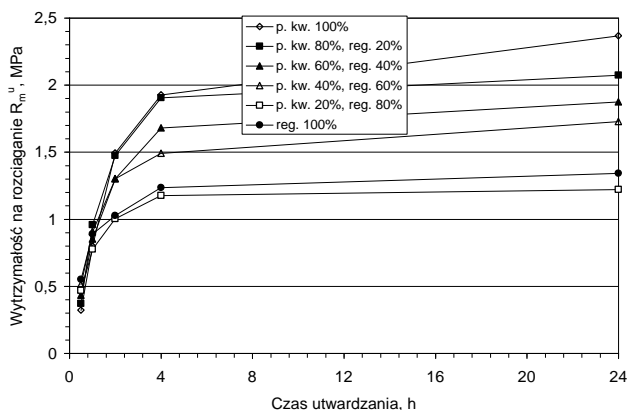
Warunki pomiarów były następujące: temperatura otoczenia  $t_{ot} = 21,0 - 22,0^{\circ}C$ , wilgotność względna powietrza  $W_w = 35-38\%$ .

## 4. Wyniki badań i ich dyskusja

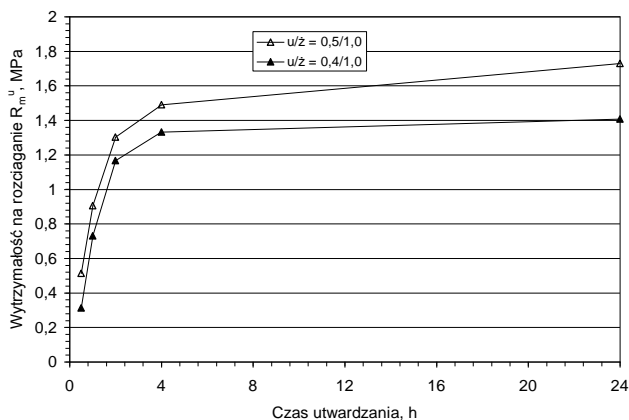
### 4.1. Wpływ dodatku regeneratu na wytrzymałość na rozciąganie $R_m^u$

Na rys. 1 przedstawiono wpływ udziału regeneratu w osnowie masy na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$ . Stosowano udział regeneratu w ilości od 0 do 100%. Wzrost dodatku regeneratu powodował spadek właściwości wytrzymałościowych, co wyraźnie się zaznaczało po czasie odstania 24 godziny. Masa sporządzona na czystym piasku kwarcowym miała wytrzymałość około 2,4 MPa, natomiast na czystym regeneracie tylko 1,35 MPa. Przy udziale 60% regeneratu wytrzymałość na rozciąganie wynosiła 1,75 MPa. Zmniejszając stosunek utwardzacza do żywicy z 0,5:1,0 do 0,4:1,0 przy 60% udziale regeneratu w osnowie następuje spadek wytrzymałości z 1,75 MPa do 1,4 MPa (rys. 2).

Na rys. 3 przedstawiono wpływ stosunku utwardzacza do żywicy na wytrzymałość na rozciąganie masy na osnowie 100% regeneratu. Zakres udziału utwardzacza wynosił od 0,3 do 0,6 cz. mas., natomiast udział żywicy wynosił 1,0 cz. mas. Wzrost dodatku utwardzacza nawet do 0,6 cz. mas. nie spowodował istotnego wzrostu wytrzymałości tej masy.



Rys. 1. Wpływ czasu utwardzania na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  dla mas o różnym udziale regeneratu. Skład masy (w częściach masowych): piasek kwarcowy (p. kw.)/regenerat (reg.), żywica Permaset 839 – 1,0, utwardzacz Permacat 132 – 0,5



Rys. 2. Wpływ czasu utwardzania na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  dla mas o różnym stosunku utwardzacza do żywicy (u/z). Skład masy (w częściach masowych): piasek kwarcowy – 40, regenerat – 60, żywica Permaset 839, utwardzacz Permacat 132

### 4.2. Wpływ dodatku regeneratu na ścieralność masy

Na rys. 4 i rys. 5 zamieszczono wykresy dotyczące ścieralności mas na osnowie czystego piasku kwarcowego oraz z dodatkiem zmiennych ilości regeneratu (od 20 do 100%). Przy udziale 80% regeneratu ścieralność masy gwałtownie wzrasta.

Tabela 1. Analiza ziarnowa piasku kwarcowego

| Piasek kwarcowy |            |           |         |              |                         |                                      |
|-----------------|------------|-----------|---------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Nr kolejny      | Odsiewy, g |           | Odsiewy | Odsiewy      |                         | pH = 6,8                             |
| sita            | Próbka I   | Próbka II | suma, % | przelicz., % | Gęstość                 | $\rho = 2630 \text{ kg/m}^3$         |
| 1,600           | 0,00       | 0,00      | 0,00    | 0,00         | Liczba ziarnistości AFS | $L = 42,94$                          |
| 0,800           | 1,70       | 0,80      | 2,50    | 2,50         | Średnia wielkość ziarn  | $d_L = 0,30 \text{ mm}$              |
| 0,630           | 3,18       | 3,50      | 6,68    | 6,68         | Średnia geometryczna    | $d_g = 0,35 \text{ mm}$              |
| 0,400           | 12,48      | 11,47     | 23,95   | 23,95        | Średnia arytmetyczna    | $d_a = 0,39 \text{ mm}$              |
| 0,320           | 11,36      | 11,81     | 23,17   | 23,17        | Średnia harmoniczna     | $d_h = 0,32 \text{ mm}$              |
| 0,200           | 15,36      | 18,79     | 34,15   | 34,15        | Mediana                 | $d_M = 0,34 \text{ mm}$              |
| 0,160           | 3,77       | 2,46      | 6,23    | 6,23         | Średnia wielkość ziarn  | $D50 = 0,34 \text{ mm}$              |
| 0,100           | 2,12       | 1,17      | 3,29    | 3,29         | Fracja główna           | $F_g = 81,27 \%$                     |
| 0,071           | 0,03       | 0,00      | 0,03    | 0,03         | Współczynnik rozdziału  | $S_0 = 1,36$                         |
| 0,056           | 0,00       | 0,00      | 0,00    | 0,00         | Wskaźnik nachylenia     | $S_k = 0,99$                         |
| Denko           | 0,00       | 0,00      | 0,00    | 0,00         | Stopień jednorodności   | $GG = 59,00 \%$                      |
| Suma            | 50,00      | 50,00     | 100,00  | 100,00       | Powierzchnia właściwa   | $S_t = 7,16 \text{ m}^2/\text{kg}$   |
| Zaw. lep.       | 0,00       | 0,00      | 0,00    |              | Powierzchnia właściwa   | $S_w = 9,7836 \text{ m}^2/\text{kg}$ |
| Razem           | 50,00      | 50,00     | 100,00  |              | Wskaźnik kształtu       | $W_k = 1,37$                         |

Krzywa sum sporządzona metodą AFS

Krzywa sum sporządzona metodą DIN

Jak wynika z rys. 5 dla uzyskania odpowiednio małej ścieralności, w przypadku stosowania osnowy na regeneracie, konieczne jest utrzymanie określonego stosunku ilości utwardzacza do żywicy oraz dodanie odpowiedniej ilości żywicy. Przy zachowaniu stosunku żywicy do utwardzacza  $u/z = 0,5$ , ale gdy ilość żywicy wynosi tylko 0,8 cz. mas, następuje bardzo gwałtowny wzrost ścieralności masy przy 100% udziale regeneratu w osnowie.

### 4.3. Wpływ dodatku regeneratu na przepuszczalność masy

Dodatek regeneratu do osnowy piasku kwarcowego w zasadzie tylko w niewielkim stopniu wpływa na zmianę przepuszczalności masy i to dopiero od zawartości 80% regeneratu, kiedy to zauważa się pewien wzrost przepuszczalności (rys. 6). Może to wynikać z faktu, że regenerat zawiera większy udział ziaren dużych (0,400 mm) w stosunku do piasku kwarcowego (średnia wielkość ziaren dla regeneratu wynosi 0,37 mm, a dla piasku kwarcowego 0,34 mm).

Tabela 2..Analiza ziarnowa regeneratu uzyskanego z masy na osnowie piasku kwarcowego z żywicą Permaset 839 i utwardzaczem Permacat 132

| Regenerat  |            |           |         |              |                         |                                      |
|------------|------------|-----------|---------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Nr kolejny | Odsiewy, g |           | Odsiewy | Odsiewy      |                         | pH = 3,65                            |
| sita       | Próbka I   | Próbka II | suma, % | przelicz., % | Gęstość                 | $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$         |
| 1,600      | 0,01       | 0,01      | 0,02    | 0,02         | Liczba ziarnistości AFS | L = 40,98                            |
| 0,800      | 0,69       | 0,46      | 1,15    | 1,15         | Średnia wielkość ziarn  | $d_L = 0,31 \text{ mm}$              |
| 0,630      | 2,32       | 2,81      | 5,13    | 5,13         | Średnia geometryczna    | $d_g = 0,37 \text{ mm}$              |
| 0,400      | 16,44      | 17,60     | 34,04   | 34,04        | Średnia arytmetyczna    | $d_a = 0,40 \text{ mm}$              |
| 0,320      | 12,72      | 13,16     | 25,88   | 25,88        | Średnia harmoniczna     | $d_h = 0,34 \text{ mm}$              |
| 0,200      | 12,48      | 13,38     | 25,86   | 25,86        | Mediana                 | $d_M = 0,37 \text{ mm}$              |
| 0,160      | 3,88       | 1,63      | 5,51    | 5,51         | Średnia wielkość ziarn  | D50 = 0,37 mm                        |
| 0,100      | 1,43       | 0,93      | 2,36    | 2,36         | Frakcja główna          | $F_g = 85,78 \%$                     |
| 0,071      | 0,03       | 0,02      | 0,05    | 0,05         | Współczynnik rozdziału  | $S_0 = 1,30$                         |
| 0,056      | 0,00       | 0,00      | 0,00    | 0,00         | Wskaźnik nachylenia     | $S_k = 1,04$                         |
| Denko      | 0,00       | 0,00      | 0,00    | 0,00         | Stopień jednorodności   | GG = 63,00 %                         |
| Suma       | 50,00      | 50,00     | 100,00  | 100,00       | Powierzchnia właściwa   | $S_t = 7,08 \text{ m}^2/\text{kg}$   |
| Zaw. lep.  | 0,00       | 0,00      | 0,00    |              | Powierzchnia właściwa   | $S_w = 7,6761 \text{ m}^2/\text{kg}$ |
| Razem      | 50,00      | 50,00     | 100,00  |              | Wskaźnik kształtu       | $W_k = 1,08$                         |

Krzywa sum sporządzona metodą AFS

Krzywa sum sporządzona metodą DIN

Straty prażenia: 2,39%; pH = 3,18; zawartość siarki: 0,24%.

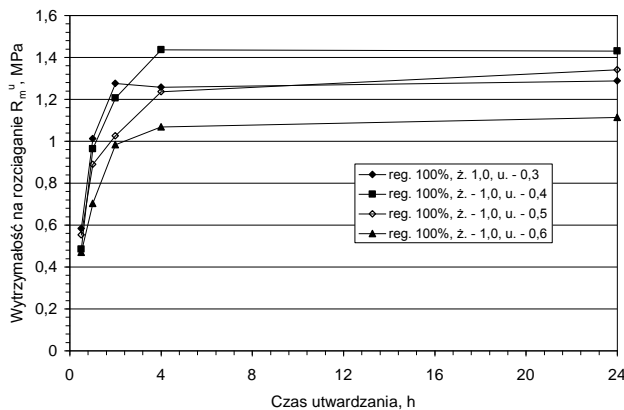
#### 4.4. Żywotność masy na osnowie z dodatkiem regeneratu

Do oznaczenia żywotności (czasu przydatności do formowania) została wykorzystana metoda określania zmian wytrzymałości wraz z upływem czasu odstawienia nie zagęszczonej masy. Jako miarę żywotności w tej metodzie przyjmuje się czas (licząc od momentu zetknięcia się wszystkich składników masy), po którym masa traci 30% wytrzymałości w stosunku do maksymalnej możliwej do

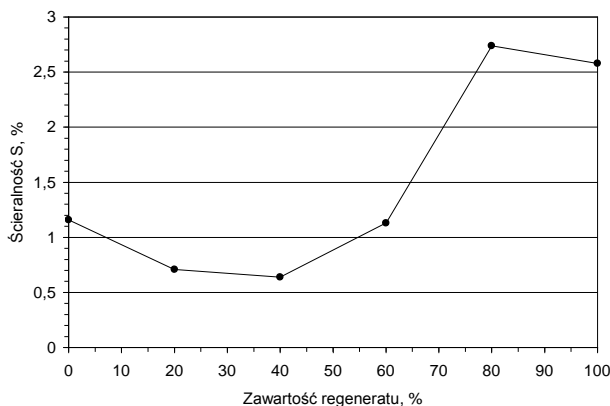
uzyskania. Zwiększenie dodatku utwardzacza w stosunku do ilości żywicy powoduje wyraźne skrócenie żywotności masy zawierającej 100 % regeneratu jako osnowy (rys. 7 i rys. 8).

#### Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących udziału regeneratu uzyskanego z masy zużytej z żywicą furfurylową w masach przeznaczonych dla odlewów staliwnych, można sformułować następujące wnioski:

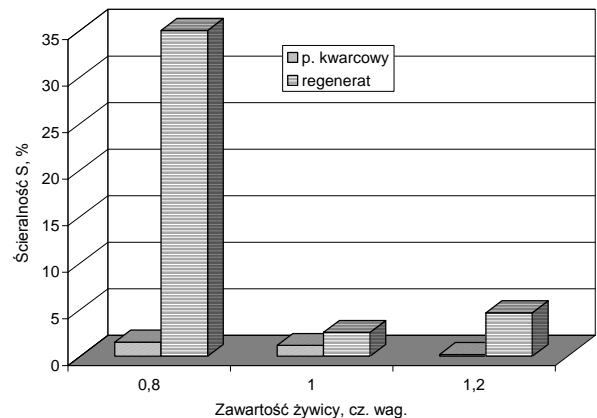


Rys. 3. Wpływ czasu utwardzania na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  dla mas o różnym stosunku utwardzacza do żywicy. Skład masy (w częściach masowych): regenerat (reg.)-100, żywica Permaset 839 (ż) – 1,0, utwardzacz Permacat 132 (u)

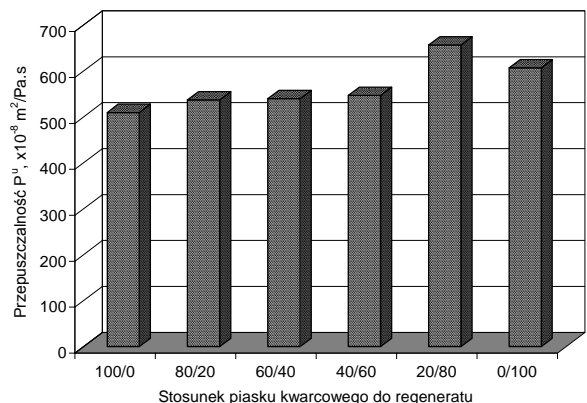


Rys. 4. Wpływ udziału piasku kwarcowego i regeneratu na ścieralność S dla mas o składzie (w częściach masowych): piasek kwarcowy/regenerat, żywica Permaset 839 – 1,0, utwardzacz Permacat 132 – 0,5

1. Przy dodatku regeneratu, uzyskiwanego z masy z żywicą furanową, do osnowy kwarcowej w ilości 20% osiąga się wytrzymałość na rozciąganie rzędu 2 MPa. Natomiast dodatek regeneratu w ilości 80% powoduje spadek wytrzymałości na rozciąganie do około 1,25 MPa. Przy czym przy 100% udziale regeneratu nawet zwiększenie dodatku utwardzacza w stosunku do żywicy nie powoduje istotnego wzrostu wytrzymałości na rozciąganie. Natomiast zmniejszenie ilości żywicy z 1,0 cz. mas. do 0,8 cz. mas. powoduje wyraźny spadek wytrzymałości na rozciąganie. Wydaje się, że optymalny dodatek spoiwa, przy stosowaniu regeneratu, powinien wynosić: 1,0 cz. mas. żywicy i 0,5 cz. mas. utwardzacza.



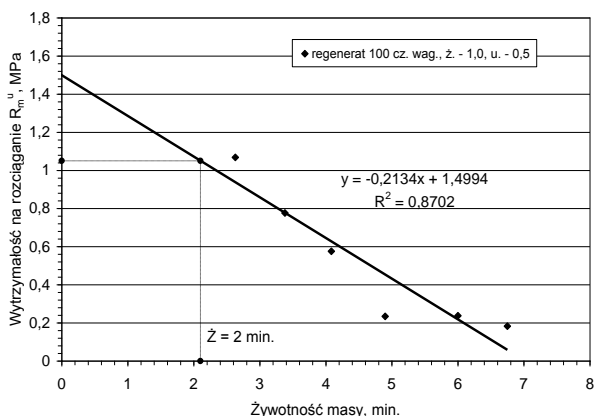
Rys. 5. Wpływ ilości spoiwa na ścieralność S przy stałym stosunku utwardzacza/żywica  $u/z = 0,5$  dla mas o składzie: osnowa, żywica Permaset 839, utwardzacz Permacat 132



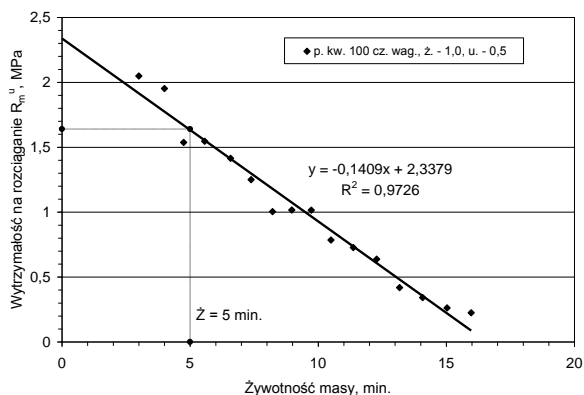
Rys. 6. Wpływ wartości stosunku piasku kwarcowego do regeneratu na przepuszczalność  $P^u$  dla mas o składzie (w częściach masowych): piasek kwarcowy/regenerat, żywica Permaset 839 – 1,0, utwardzacz Permacat 132 – 0,5

2. Ścieralność masy z dodatkiem regeneratu w zakresie do 60% niewiele się zmienia. Gwałtowny wzrost ścieralności następuje przy dodatku 80% regeneratu, przy czym również i w tym przypadku najkorzystniej jest stosować dodatek żywicy 1,0 cz. mas. i utwardzacza 0,5 cz. mas.
3. Ścieralność masy z dodatkiem regeneratu w zakresie do 60% niewiele się zmienia. Gwałtowny wzrost ścieralności następuje przy dodatku 80% regeneratu, przy czym również i w tym przypadku najkorzystniej jest stosować dodatek żywicy 1,0 cz. mas. i utwardzacza 0,5 cz. mas.
1. Przepuszczalność masy z dodatkiem regeneratu wykazuje niewielki wzrost w miarę zwiększania jego udziału.

Praca zrealizowana w ramach projektu celowego Nr ROW – III-164/2011



Rys. 7. Wpływ czasu przydatności do formowania (żywotności) masy na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  dla masy o składzie (w częściach masowych): regenerat - 100, żywica Permaset 839 - 1,0 (ż), utwardzacz Permacat 132 - 0,5 (u)



Rys. 8. Wpływ czasu przydatności do formowania (żywotności) masy na wytrzymałość na rozciąganie  $R_m^u$  dla masy o składzie (w częściach masowych): regenerat - 100, żywica Permaset 839 - 1,0 (ż), utwardzacz Permacat 132 - 0,3 (u)

## Literatura

- [1] Raport z projektu celowego Nr ROW – III-164/2011 Zadanie 1.
- [2] Holtzer, M., Drożyński, D., Bobrowski, A., Mazur, M. & Insedorf B. (2010): The influence of reclaim on properties of moulding sand with furan resin, *Archives of Foundry Engineering* vol. 10 spec. iss. 2 s. 61–64.
- [3] Holtzer, M., Bobrowski, A., Dańko, R. & Grabowska, B. (2011). Research on the influence of moulding sand with furan resin on the environment, European Congress on Advanced Materials and Processes EUROMAT 2011, 12–15 September, program and presentation abstracts (dysk optyczny), Montpellier.
- [4] Prospekty reklamowe firmy EUTROTEK.
- [5] Dańko J., Dańko R. & Holtzer M. (2003): Reclamation of used sands in foundry production, *Metallurgija = Metallurgy* vol. 42, pp. 173–177.
- [6] Holtzer, M., Aslanowicz, M. & Jurczyk A (2006): Sposoby zagospodarowania pyłów powstających w procesie regeneracji mechanicznej mas formierskich z żywicą furanową, *Przegląd Odlewnictwa*, t. 56 nr 9, s. 472–477.
- [7] Report of Commission 1.4 CIATF (1981): Reclamation of Foundry sands from moulding and coremaking processes. *British Foundryman*, no 5, pp. 96-130.
- [8] Smith, D.L. & Leidel, D.S. (1993): Changing from thermal reclamation to attrition only – a step back to the future. *AFS Transaction*, pp. 415.
- [9] Leidel, D.S. (1993): Low temperature sand reclamation for dramatically improved quality and reduced cost. *Transaction of the Japan Foundryman's Society*, vol. 12.
- [10] Pribulová, A., Barošová, A. & Greguš M. (2005): Regenerácia furanových formovacích zmesí, *Acta Metallurgica Slovaca*, vol. 3 pp. 96-101.

## Influence of the reclaim on the properties of moulding sands with furfuryl resin applied for moulds for manganese steel castings

### Abstract

The influence of an addition of the reclaim, obtained in the mechanical reclamation process, to the moulding sand prepared on the basis of the high-silica sand with furfuryl resin, was discussed in the paper. The influence of the reclaim fraction on such moulding sand parameters as: tensile strength, wear resistance, permeability and bench life, was determined. Tests were performed at the reclaim fraction in the matrix being from 20 to 100%. The obtained results indicated that the optimal properties were exhibited by the moulding sand containing 60% of the reclaim, 40% new sand and 1 part by weigh of a resin and 0.5 part by weight of a hardener.