

# Koncepcja stanowiska wibracyjnego do badań procesu regeneracji wstępnej mas zużytych

M. Skrzyński<sup>a\*</sup>, R. Dańko<sup>a</sup>

<sup>a</sup> AGH - Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Odlewnictwa,  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

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

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

## Streszczenie

W pracy przedstawiono koncepcję wibracyjnego stanowiska przeznaczonego do badań wstępnej regeneracji mas zużytych. Stanowisko badawcze składa się ze stołu wibracyjnego układem pozwalającym na regulowanie częstotliwości drgań w zakresie 40-60 Hz oraz z zespołu 4 sit poziomych w układzie umożliwiającym analizę rozkruszonych brył masy na określonej powierzchni danego sita. W badaniach zastosowano sześciennie próbki całkowicie utwardzonej masy z żywicą KALTHARZ U404 i utwardzaczem 100T3, poddawane destrukcji mechanicznej przy różnej częstotliwości drgań stołu. Badania regeneracji wstępnej mają na celu określenie energochłonności i efektywności regeneracji wstępnej w aspekcie całkowitej energochłonności i efektywności procesu regeneracji mechanicznej.

**Słowa kluczowe:** zużyte masy formierskie, regeneracja wstępna wibracyjna, ochrona środowiska

## 1. Wprowadzenie

W procesach regeneracji mechanicznej suchej całości kształt przebiegu uwalniania osnowy z otoczek zużytego materiału wiążącego przebiega zasadniczo według mechanizmu opisanego w pracach [1-3], które wyodrębniają regenerację wstępną oraz regenerację właściwą. Regeneracja wstępna stanowi etap początkowy polegający na rozdrobieniu skupiska masy (brył) do postaci pojedynczych ziaren. Proces regeneracji właściwej obejmuje uwalnianie ziaren przebiegający pod wpływem sił zewnętrznych w następstwie których występują elementarne operacje: ocierania, ścierania i kruszenia.

W działaniu typowych urządzeń do regeneracji mechanicznej trudno jest rozdzielić udział poszczególnych operacji regeneracyjnych w całym procesie oczyszczania. Najsłabiej zbadany jest proces regeneracji wstępnej, często traktowany marginalnie.

Z tego względu, że pewna część masy zużytej ulega rozbryleniu i rozdrobieniu w trakcie operacji technologicznych [3]: wybijania, oddzielania zanieczyszczeń metalowych, przesiewania i transportu międzyoperacyjnego. W przypadku mas z żywicami utwardzanych chemicznie oraz mas ze szkłem wodnym mamy do czynienia z występowaniem dużych brył masy których właściwe przygotowanie do regeneracji warunkuje skuteczny przebieg procesu regeneracji właściwej.

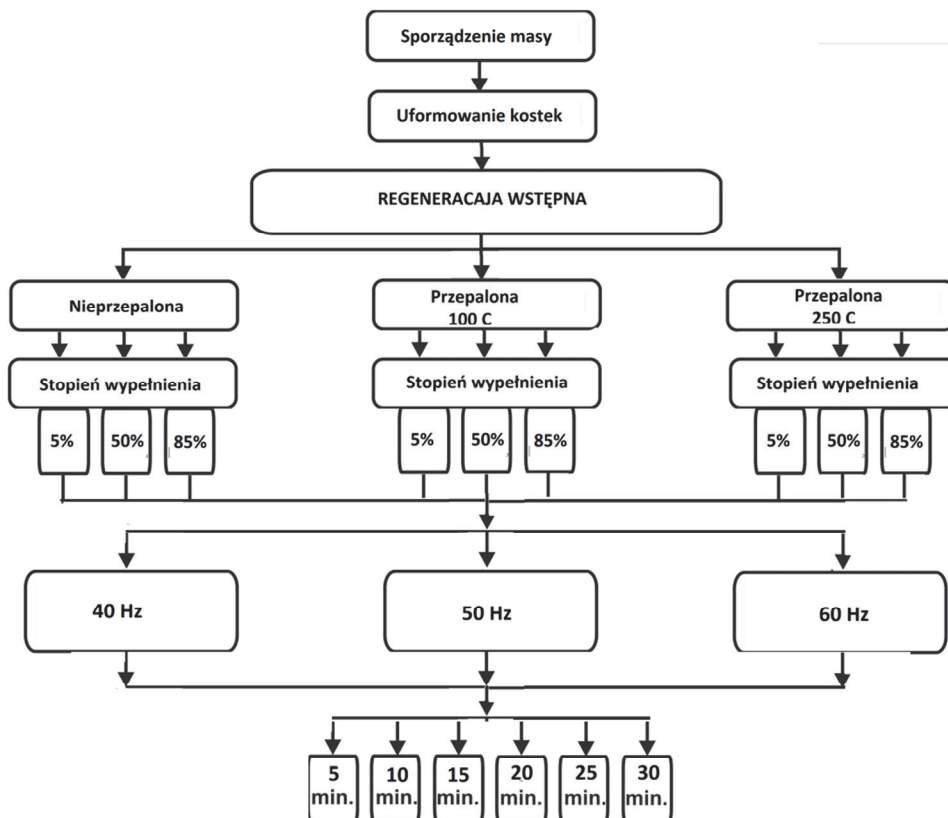
## 2. Cel badań

Celem badań jest określenie czynników, od których zależy skuteczność procesu rozdrabniania brył masy za pomocą urządzenia wibracyjnego o znanych i regulowanych parametrach roboczych. Pełne badania tego typu przedstawione na schemacie (rys. 1) powinny umożliwić określenie energochłonności i skuteczności tego etapu

procesu regeneracji. Zestaw do regeneracji wstępnej składa się z laboratoryjnego stołu wibracyjnego (rys. 2), na którym zamocowano zestaw sit, w obudowie o wymiarze 400x400 mm, charakteryzujących się prześwitem oczek sit odpowiadającym SITOM zainstalowanym w prototypowym regeneratorsie wibracyjnym REGMAS [4].

W publikacji omówiono badania zrealizowane dla naj-mniejszego obciążenia zestawu sitowego, nadawą (kostką) o masie 0,8 kg, o kształcie sześcianu o wymiarach 80x80x80 mm (rys. 4), co daje

najmniejszy stopień wypełnienia urządzenia wynoszący 5%. Testowe kostki zostały wykonane z masy z żywicą furfurylową U404 dodawaną w ilości 1% w stosunku do osnowy i utwardzanej kwasem paratoluenosulfonowym 100T3, dodawanym w ilości 0,5% w stosunku do osnowy. Masę sporządzono w mieszarce wstępowej, sześcienne kształtki otrzymano przez zagęszczanie masy w odpowiednim szablonie na stole wibracyjnym (rys. 2).



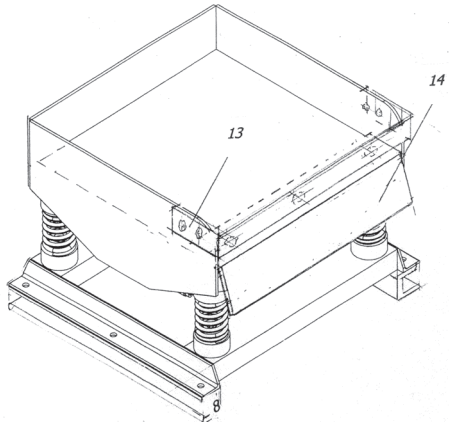
Rys. 1. Schemat badań regeneracji wstępnej na stanowisku doświadczalnym

### 3. Wyniki badań

Przykładowe wyniki przeprowadzonych badań dla stopnia wypełnienia 5% oraz 50%, przy częstotliwościach wibracji wynoszących 40Hz, 50Hz i 60 Hz zestawiono na rysunkach 3-7.

Badania stanowiskowe regeneracji wstępnej, stanowiące fragment zakresu zilustrowanego na schemacie (rys. 1), przeprowadzone przy stopniach wypełnienia 5% oraz 50%, pozwalają stwierdzić, że proces rozdrabniania obserwowany dla częstotliwości wibracji 60Hz zachodzi według następującego schematu: kruszenie kostki następuje najpierw na pierwszym sicie, co powoduje przyrost masy nadawy gromadzonej na dnie urządzenia. Rozkruszenie masy na pierwszym sicie, polegające w efekcie na jej rozfragmentowaniu na mniejsze elementy, mające przekrój poprzeczny o wymiarach sita i wysokość zbliżoną do początkowego wymiaru kostki, następuje pod koniec

15 minut realizacji procesu. Dane ujęte w tabeli na rysunku 3 wskazują, że przedziale czasu wibracji pomiędzy 10 i 15 min, proces dalszego kruszenia przenosi się na sito leżące poniżej, przy czym w tym okresie ilość nadawy na sicie 3 nie przekracza 3,5%, a na sicie czwartym 0,35% - nawet po 30 min przesiewania. Dla mniejszych częstotliwości wibracji 40 i 50 Hz nie następuje całkowite rozkruszenie masy na pierwszym sicie nawet po 30 min przesiewania, a ilość materiału gromadzonego na dnie jest zbliżona do objętości szczelin wydrążonych w kostce testowej w wyniku erodującego działania dna siatkowego. Widok pojedynczej kostki przed procesem rozkruszania i po jego zakończeniu na pierwszym sicie przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 2. Widok stolika wibracyjnego stanowiska doświadczalnego do badania regeneracji wstępnej

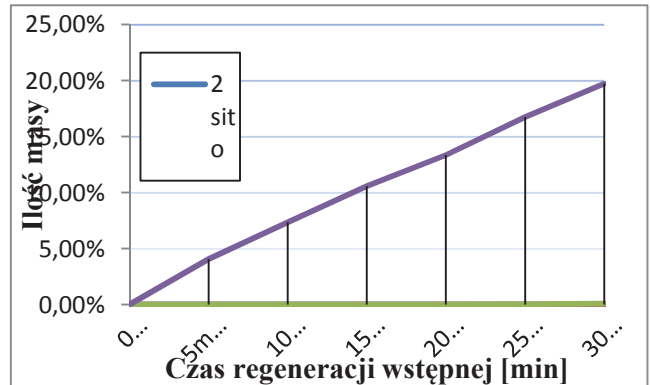
| 60 Hz 5% |         |        |        |        |        |        |        |
|----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | 0 min   | 5min   | 10min  | 15min  | 20min  | 25min  | 30min  |
| 1 sito   | 100,00% | 84,62% | 68,07% | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 2 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 1,68%  | 60,60% | 55,44% | 53,11% | 50,53% |
| 3 sito   | 0,00%   | 0,02%  | 0,36%  | 3,24%  | 3,18%  | 3,38%  | 3,49%  |
| 4 sito   | 0,00%   | 0,11%  | 0,24%  | 0,34%  | 0,34%  | 0,36%  | 0,35%  |
| Denko    | 0,00%   | 15,21% | 29,52% | 35,63% | 40,87% | 43,13% | 45,61% |
| 50 Hz 5% |         |        |        |        |        |        |        |
|          | 0 min   | 5min   | 10min  | 15min  | 20min  | 25min  | 30min  |
| 1 sito   | 100,00% | 95,93% | 92,61% | 89,32% | 86,49% | 83,06% | 79,99% |
| 2 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 3 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,03%  |
| 4 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,02%  | 0,02%  | 0,02%  | 0,04%  | 0,09%  |
| Denko    | 0,00%   | 4,07%  | 7,35%  | 10,58% | 13,35% | 16,74% | 19,72% |
| 40 Hz 5% |         |        |        |        |        |        |        |
|          | 0 min   | 5min   | 10min  | 15min  | 20min  | 25min  | 30min  |
| 1 sito   | 100,00% | 99,53% | 98,17% | 95,15% | 92,59% | 90,05% | 87,60% |
| 2 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| 3 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,03%  | 0,03%  | 0,05%  | 0,06%  | 0,06%  |
| 4 sito   | 0,00%   | 0,00%  | 0,01%  | 0,06%  | 0,06%  | 0,08%  | 0,08%  |
| Denko    | 0,00%   | 0,47%  | 1,78%  | 4,68%  | 7,25%  | 9,70%  | 12,13% |

Rys. 3 Zmiana mas na poszczególnych sitach dla stopnia wypełnienia urządzenia nadawą 5% (0, 8 kg) i częstotliwościach



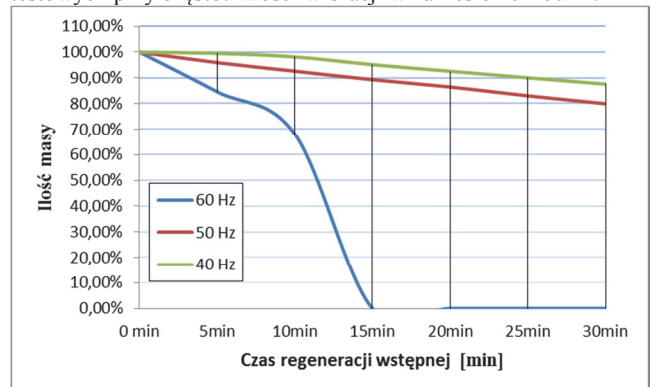
Rys. 4. Przykładowa kostka przed procesem (z lewej) i po procesie regeneracji wstępnej

Wykres przedstawiony na rysunku 5 ilustruje zmianę w funkcji czasu procentowej ilości materiału (masy) na dnie urządzenia gromadzonego podczas rozkruszania pojedynczej kostki testowej przy częstotliwości wibracji 50Hz. Widoczna jest zbliżona do liniowej zależność procentowej ilości rozkruszonego na pierwszym sicie materiału od czasu procesu.



Rys. 5. Przebieg przyrostu masy na dnie urządzenia dla 5% stopnia wypełnienia i częstotliwości pracy silników wynoszącej 50 Hz

Dane zamieszczone na rysunku 6 ilustrują zmianę w funkcji czasu procentowej ilości materiału (masy) na pierwszym sicie urządzenia gromadzonego podczas rozkruszania 9 kostek testowych przy częstotliwości wibracji w zakresie 40 - 60Hz.

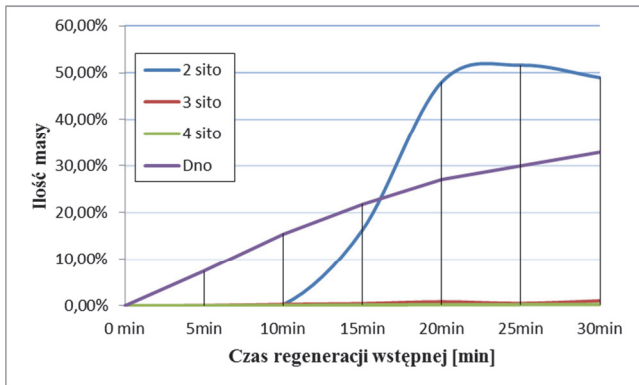


Rys. 6. Ubytek masy na sicie o prześwicie oczka 45x45 mm obciążonego nadawą 5% dla poszczególnych częstotliwości i czasów trwania procesu

Przebieg procesu rozdrabniania wstępnego kostek ulega zmianie w następstwie zwiększenia stopnia wypełnienia do 50% (9 kostek) i wynika z nierównomiernego kruszenia kostek.

Wykres przedstawiony na rysunku 7 przedstawia procentowy przebieg zmiany przyrostu rozkruszonej masy gromadzonej na dnie urządzenia i sicie drugim przy częstotliwości wibracji 50 Hz. Można zauważyć, że na sitach 3 i 4 nie następuje gromadzenie rozkruszonego materiału.

Potwierdzone są spostrzeżenia wynikające z analizy danych zwartych w tabeli, że również przy większym stopniu wypełnienia urządzenia nadawą przebieg rozkruszania przy częstotliwości 50 Hz jest mało skuteczny.



Rys. 7. Przyrost mas na sitach i dnie dla stopnia wypełnienia 50% i częstotliwości pracy silników wynoszącej 50 Hz

Pierwsze pojawienie się masy na sicie 2 w ilości około 16% obserwuje się po 15 min od początku prowadzenia procesu rozdrabniania.

#### 4. Podsumowanie

Przedstawione w publikacji stanowisko doświadczalne i metodyka badawcza jest nowa i nie ma bezpośrednich odniesień w spotykanych w literaturze. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem opracowanej metody powinny pozwolić na lepszą ocenę podatności zużytych mas formierskich na procesy rozdrab-

niania w procesie regeneracji wstępnej oraz pozwolą na ocenę energetycznych aspektów tego procesu

#### Podziękowania

Publikacja finansowana w ramach pracy statutowej AGH nr 15.11.170.515

#### Literatura

- [1] Dańko, R. (2006). Podstawy teoretyczne i technologiczne doboru optymalnych sposobów regeneracji suchej zużytych mas formierskich. Rozprawa doktorska, Wydział Odlewnictwa, AGH, Kraków.
- [2] Dańko, J., Dańko, R., Łucarz, M. (2007). Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas odlewniczych. Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków.
- [3] Dańko, R. (2012). Model wytrzymałości samoutwardzalnych mas formierskich z żywicami syntetycznymi w aspekcie zintegrowanego procesu recyklingu osnowy. Archives of Foundry Engineering. Katowice-Gliwice, s. 193.
- [4] Dańko, R., Dańko, J., Holtzer, M., Skrzyński, M. (2013). Regeneracja masy zużytej w regeneratorze wibracyjnym REGMAS 1,5. Przegląd Odlewnictwa, t. 63 nr 1–2, s. 36–40.

## An Idea of Vibrational Stand Adopted for Research of Used Sands Primary Reclamation Process

In article an idea of the vibrational stand adopted for research of used sands primary reclamation process has been presented. The testing stand consist of a vibration table with adjustable frequency control in the range of 40-60Hz and a set of 4 horizontal sieves in equipment enabling an analysis of splitted up sand distribution on the determined sieve surface. In research the fully hardened cubic- shape samples prepared of furan resin KALTHARZ U404 and 100T3 hardener and the various vibration parameters for mechanical destruction of sand blocks. were used The testing of primary reclamation process is finally aimed on determination of energy consumption and effectivity of complete mechanical reclamation process.