

Uniwersalny mechaniczny regenerator wibracyjny do recyklingu osnowy mas zużytych

J. Dańko*, R. Dańko*, M. Holtzer*, K. Matuszewski**

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Odlewnictwa, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

** Ofama VIBRA Opole sp. z o. o., 45-864 Opole, ul. Niemodlińska 87

Kontakt korespondencyjny: e-mail jd@agh.edu.pl

Otrzymano 16.04.2012; zaakceptowano do druku 02.07.2012

Streszczenie

Prezentowano opis uniwersalnego mechanicznego regeneratora wibracyjnego zintegrowanego funkcjonalnie z klasyfikatorem pneumatycznym służącego do suchej obróbki regeneracyjnej i odzysku głównego składnika zużytej mas formierskiej, którym jest osnowa kwarcowa. W obrębie urządzenia zostały zintegrowane dwie grupy operacji regeneracyjnych (wstępna i właściwa) oraz operacja odpylenia regeneratu na drodze klasyfikacji pneumatycznej. Wskazano na elementy innowacyjne w stosunku do istniejących rozwiązań regeneratorów wibracyjnych szczególnie w zakresie automatycznego sterowania wydajnością dozowania masy po regeneracji od klasyfikatora pneumatycznego oraz programowania intensywności regeneracji w zależności od regenerowalności masy zużytej. Opracowany regenerator może być wykorzystywany w gniazdach regeneracji jako autonomiczne urządzenie do kruszenia i regeneracji zużytych mas chemoutwardzalnych pozbawionych zanieczyszczeń metalowych lub jako element bardziej rozbudowanego systemu regeneracji, w którym do wybierania pakietów masy stosuje się odrębną kratę.

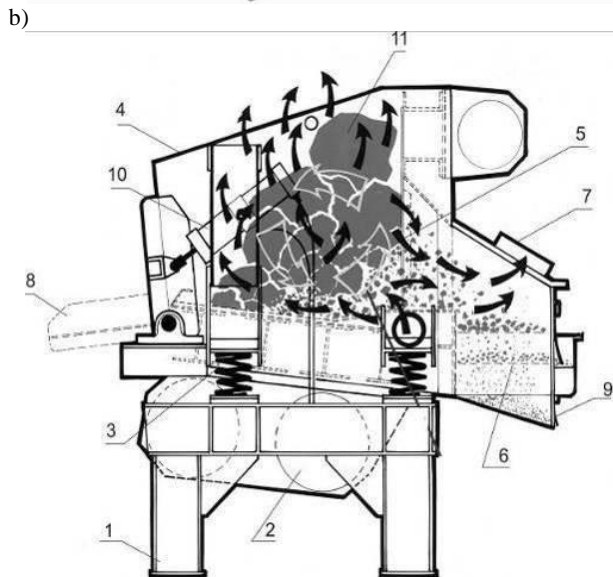
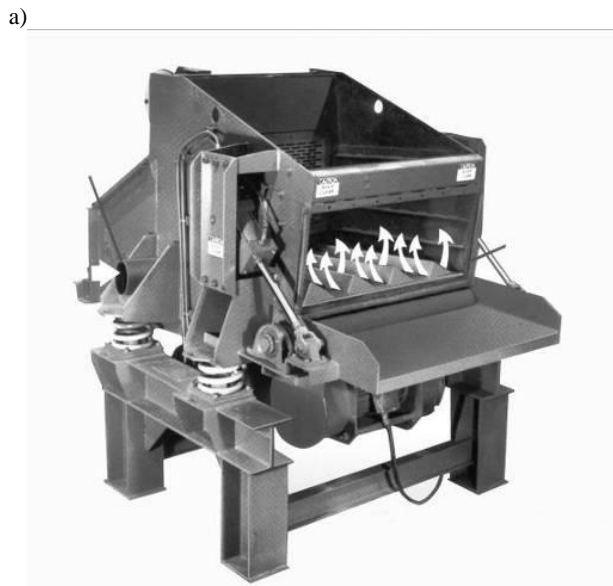
Słowa kluczowe: regenerator masy zużytej, regeneracja, masa formierska; odpady

1. Wprowadzenie

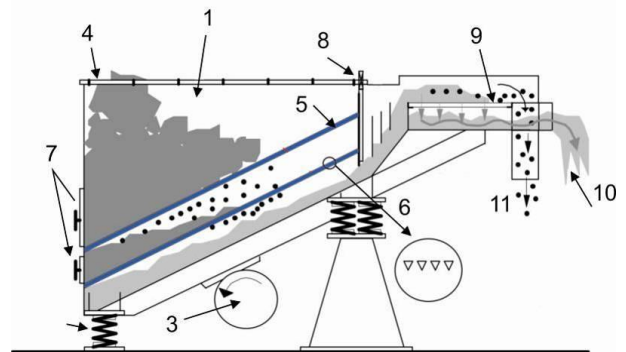
W procesach regeneracji suchej mechanizm uwalniania powierzchni ziaren od warstw (otoczek) zużytego spoiwa polega na poddaniu rozdrobnionej masy, pozbawionej zanieczyszczeń metalowych i innych, oddziaływaniom najczęściej o charakterze atrycyjnym i/lub abrazyjnym, odbywającym się w wyniku działania na ziarna osnowy sił zewnętrznych wywołanych działaniem urządzenia (udar mechaniczny lub pneumatyczny, drgania wibracyjne, ścieranie i ocieranie w złożu fluidyzacyjnym) [1–4]. Procesy związane z usunięciem z regeneratu pyłowych produktów obróbki i nieużytecznych technologicznie - bardzo drobnych z frakcji osnowy kwarcowej noszące nazwę klasyfikacji, są najczęściej realizowane sposobem pneumatycznym w klasyfikatorach przepływowych poziomych lub fluidyzacyjnych [3].

2. Stan techniki w zakresie regeneratorów wibracyjnych o przeznaczeniu uniwersalnym

Spośród urządzeń uniwersalnych produkowanych przez znane, zagraniczne firmy warto zwrócić uwagę na rozwiązania wibracyjnych urządzeń do regeneracji mechanicznej osnowy z mas zużytych, mających charakter urządzeń w pewnym sensie autonomicznych, nadających się do wyposażenia gniazd regeneracji mas zużytych ze spoiwami organicznymi i nieorganicznymi utwardzanymi chemicznie. Można tu między innymi wymienić kruszarkę wibracyjną typu Vibra-Mill firmy GENERAL KINEMATICS (USA) (rys. 1) oraz kruszarkę wibracyjną typu Vibrader firmy RICHARDS ENGINEERING Inc. (Anglia) (rys. 2).



Rys. 1. Widok (a) i schemat (b) kruszarki wibracyjnej typu Vibra-Mill model VMC: 1- podstawa konstrukcji, 2- napęd wibracyjny rotodynamiczny dwumasowy, 3 – sprężyny spiralne, 4 – obudowa kruszarki, 5 – przegroda wstępnego przesiewania, 6 – sito przesiewacza gotowego produktu, 7 – odciąg zapyłonego powietrza, 8 – odchylna klapa do usuwania odpadów nie podlegających rozdrobnieniu, 9 – odbiór regeneratu, 10 –napęd kłapy, 11 – zbrzylenia masy zużytej.



Rys. 2. Schemat kruszarki wibracyjnej typu Vibrader HD: 1 – zbiornik ścierający, 2-zespół sprężyn, 3 – napęd wibracyjny, 4 –wymieniana krata, 5 – przegroda rusztowa do zgrubnego rozdrabniania, 6 – sito szczelinowe, 7 – otwory rewizyjne , 8 – przegroda do regulacji grubości warstwy materiału, 9 – sito, 10 – otwór wylotowy

3. Charakterystyka uniwersalnego mechanicznego regeneratora wibracyjnego opracowanego w ramach projektu REGMAS

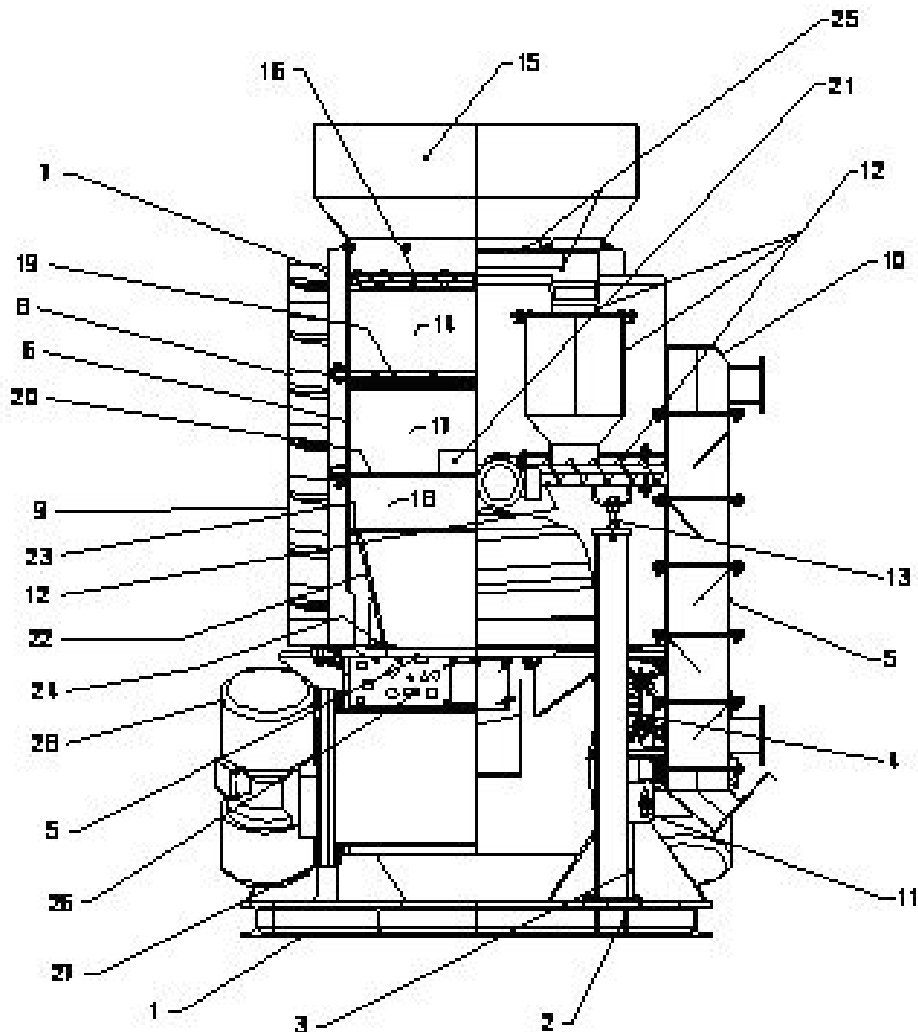
Uniwersalny regenerator wibracyjny REGMAS, zintegrowany funkcjonalnie z przepływowym klasyfikatorem kaskadowym jest przeznaczony do regeneracji mechanicznej suchej praktycznie każdej masy zużytej, instalowanej w gniazdach regeneracji małych i średnich odlewni. Schemat konstrukcyjny prototypowego regeneratora REGMAS przedstawiono na rysunku 3, a widok urządzenia bez klasyfikatora kaskadowego i osłony zewnętrznej na rysunku 4.

Opisane urządzenie składa się z kwadratowej ramy podstawy (1), do której przymocowane są 4 pionowe podpory (3) wsporników oscylacyjnych (4), podtrzymujących płytę konstrukcji nośnej urządzenia (5), składającego się z kolumny wewnętrznej regeneratora (6), cylindrycznej obudowy (7) z nałożoną spiralnie na jej powierzchni zewnętrznej rynną transportową (8) i osłoną rynny (9) oraz pneumatycznego klasyfikatora kaskadowego (10) zamocowanego poprzez wspornik (11) na występie (2) ramy podstawy i dozownika ślimakowego (12), posadzonego na pionowym wsporniku dozownika (13).

Kolumna wewnętrzna (6) składa się z trzech segmentów (członów) z kołnierzami, połączonych w ten sposób, że tworzą cylindryczną całość. Zbiornik masy zużytej (15) jest umieszczony na segmencie górnym kolumny (14). Dno zbiornika masy stanowi krata rozkruszająca pakiety form (16). Dwa pozostałe sito płaskie o malejącym prześwicie oczek są w rejonie połączenia segmentu górnego z segmentem środkowym kolumny (17) oraz segmentu środkowego z segmentem dolnym (18). Na wysokości sita środkowego w ścianie bocznej segmentu środkowego znajduje się otwór rewizyjny (21) o wymiarach pozwalających na boczny dostęp do górnej płaskiej powierzchni rzeszota sita środkowego (20). W segmencie dolnym kolumny (18) umieszczone jest sito dolne stożkowe (22) o prześwitach pomiędzy pionowymi elementami palisady (szczelinami) wynoszącymi 1,25 -1,5 mm. Na

ścianach bocznych są usytuowane na obwodzie płaskie otwory wyprowadzające przesianą masę na zewnątrz tego segmentu przez cylindryczną obudowę (7) do zewnętrzną rynny transportowej (8). Rynna, w postaci linii śrubowej, doprowadza masę do zasypu dozownika ślimakowego (12), połączonego

elastycznie z wlotem do pneumatycznego klasyfikatora kaskadowego (10), zasilanego wysokociśnieniowym wentylatorem podmuchowym poprzez własny falownik i układ sterowania prędkości powietrza w celu uzyskania wymaganych parametrów klasyfikacji regeneratu.



Rys. 3. Schemat prototypowego regeneratora wibracyjnego REGMAS: Oznaczenia: 1 - rama podstawy, 2 - występ ramy, 3 - pionowe podpory wsporników oscylacyjnych, 4 - wsporniki oscylacyjne, 5 - płyta konstrukcji nośnej urządzenia, 6 - kolumna wewnętrzna regeneratora, 7 - cylindryczna obudowa, 8- zewnętrzna rynna transportowa, 9 - osłona rynny, 10 - pneumatyczny klasyfikator kaskadowy, 11- wspornik klasyfikatora, 12 - dozownik ślimakowy, 13 - wspornik dozownika, 14 - segment górny kolumny, 15 - zbiornik masy zużytej, 16 - krata rozkruszająca pakiety form, 17 - segment środkowy kolumny, 18 - segment dolny kolumny, 19 - sito płaskie górne, 20 - sito płaskie środkowe, 21 - otwór rewizyjny, 22 - sito dolne stożkowe, 23 - uszczelnienie elastyczne, 24 - pierścień mocujący, 25 - obudowany kanał, 26 - komora buforowa masy, 27 - króćce z kołnierzami, 28 - silniki rotodynamiczne.



Rys. 4. Widok regeneratora doświadczalnego w stanie surowym na tle układu dozowania regeneratu do klasyfikatora pneumatycznego

4. Próby wstępne regeneratora

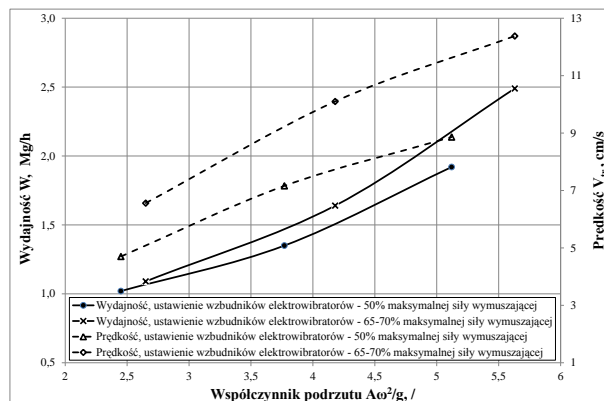
Próby wstępne zrealizowano przy ręcznym sterowaniu zmiennymi parametrami procesu w celu sprawdzenia prawidłowości funkcjonowania badanych zespołów roboczych regeneratora na biegu jałowym i pod obciążeniem. Skrajne obciążenie zespołu regeneratora, oprócz nadawy znajdującej się w zbiorniku buforowym wyposażonym w otwór rewizyjny (21) na spodzie urządzenia, uzyskiwano przy nałożeniu pojemnika typu big-bag z dostarczaną masą zużytą bezpośrednio na zasypie. Sumaryczne maksymalne obciążenie zespołu wraz z zawartością masy w stożkowym sicie, napędowego zawieszono na wspornikach oscylacyjnych (4), podtrzymujących płytę konstrukcji nośnej urządzenia (5) i przekraczało masę 2200 kg i dochodziło do 2400 kg.

Badania wstępne, prowadzone w warunkach różnego obciążenia regeneratora nadawą, przy zmiennych częstotliwościach prądu zasilającego silniki rotodynamiczne i siły wymuszającej obejmowały pomiary:

- amplitudy i częstotliwości drgań zespołu wibracyjnego regeneratora,
- prędkości przemieszczania materiału wzdłuż rynny,
- wydajności samego regeneratora oraz w połączeniu z klasyfikatorem kaskadowym.

4.1. Wybrane wyniki prób wstępnych

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów takich parametrów eksploatacyjnych regeneratora jak: amplitudy (A_a), częstotliwości (ω), liniowej prędkości transportu (v_{tr}), wydajności (W) i wskaźnika podrzutu ($A_a \omega^2/g$). Z kolei na rysunku 5 zamieszczono wykres zależności wydajności od prędkości liniowej przepływu regeneracji w rynnie transportowej oraz wskaźnika podrzutu, który charakteryzuje między innymi dynamikę urządzenia i jego zdolność do przesiewania.



Rys. 5. Zależność wydajności regeneratora od prędkości liniowej przepływu regeneracji w rynnie transportowej i wskaźnika podrzutu, przy zmiennym obciążeniu urządzenia nadawą

4.2. Analiza wyników prób wstępnych

Zamieszczone wyniki, uzyskane na tym etapie badań potwierdzają możliwość wpływu na wydajność procesu regeneracji stymulowaną przez wartość współczynnika podrzutu. Niezależnie od tego, regenerator jest wyposażony w automatyczny układ sterowania wydajności dozowania masy do klasyfikatora oraz w programowanie intensywności regeneracji poprzez zmianę częstotliwości zasilania silników rotodynamicznych, których siłę wymuszającą nastawia się okresowo w zależności od rodzaju regenerowanej zużytej masy formierskiej. Prowadzone aktualnie próby zmierzają do przyporządkowania wartości tej siły wymuszającej, wydajności i współczynnika podrzutu do rodzaju zużytej masy formierskiej i jej regenerowalności. Jednocześnie próby końcowej klasyfikacji pneumatycznej regeneratu w pneumatycznym klasyfikatorze kaskadowym z możliwością kontroli oraz regulacją prędkości przedmuchiwania powietrzem w celu całkowitego usunięcia frakcji gromadzonej na sitach 0,075, 0,056 mm i denko, a także usunięcia lub częściowego pozostawienia frakcji 0,10 mm).

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wydajności prototypowego regeneratora wibracyjnego REGMAS w pełni potwierdzają przyjęte założenia konstrukcyjne odnośnie do możliwości uzyskania wydajności na poziomie 1 t/h. Urządzenie pozwala

Tabela 1. Wyniki pomiarów wybranych parametrów eksploatacyjnych prototypowego regeneratora wibracyjnego przy różnym ustawieniu wzbudników elektrowibratorów zmiennym obciążeniu wibratora i zmiennej częstotliwości zasilania

Rodzaj i masa obciążenia wibratora; kg	Częstotliwość pracy elektrowibratorów														
	40Hz					50Hz					60Hz				
	A_a	ω	v_{tr}	W	$\frac{A_a \omega^2}{g}$	A_a	ω	v_{tr}	W	$\frac{A_a \omega^2}{g}$	A_a	ω	v_{tr}	W	$\frac{A_a \omega^2}{g}$
	m	rad/s	cm/s	Mg/s	-	mm	rad/s	cm/s	Mg/s	-	m	rad/s	cm/s	Mg/s	-
„Ustawienie 1” wzbudników elektrowibratora odpowiadające 50% maksymalnej siły wymuszającej															
Bieg jałowy	3,7	82,6	-	-	2,57	3,5	104,7	-	-	3,91	3,5	123,1	-	-	5,23-
Obciążenie 390 kg (nadawą)	3,6	82,4	4,36	0,96	2,49	3,4	104,4	6,54	1,26	3,77	3,35	123,0	8,38	1,86	5,17
Obciążenie 480 kg (nadawą + elementy ściernie)	3,5	82,1	5,03	1,08	2,40	3,4	104,3	7,79	1,44	3,77	3,3	122,8	9,34	1,98	5,07
Średnia (dla obciążeń)	3,55	82,25	4,70	1,02	2,45	3,4	104,3	7,16	1,35	3,77	3,32	122,9	8,86	1,92	5,12
„Ustawienie 2” wzbudników elektrowibratora odpowiadające 65 - 70% maksymalnej siły wymuszającej															
Bieg jałowy	4,1	82,5	-	-	2,84	3,9	104,7	-	-	4,35	3,8	123,0	-	-	5,86
Obciążenie 390 kg (nadawą)	3,9	82,3	6,17	1,02	2,69	3,8	104,6	9,62	1,59	4,24	3,7	123,3	11,68	2,40	5,73
Obciążenie 480 kg (nadawą + elementy ściernie)	3,8	82,0	6,96	1,17	2,60	3,7	104,5	10,55	1,68	4,12	3,6	122,7	13,08	2,58	5,52
Średnia (dla obciążeń)	3,85	82,15	6,56	1,09	2,65	3,75	104,5	10,10	1,64	4,18	3,65	123,0	12,38	2,49	5,63

uzyskiwać wydajności nie mniejsze od wartości założonej w projekcie w całym zakresie badanych zmian: siły wymuszającej (50-70%), częstotliwości zasilania elektrowibratorów (40-60 Hz) oraz pracy regeneratora z obciążeniem samą masą (390 kg) lub masą (nadawą) z elementami ściernie kruszącymi (480 kg). Optymalną wydajność dla tego urządzenia można będzie określić po zbadaniu stopnia oczyszczenia regeneratu z zużytego materiału wiążącego.

Publikacja naukowa finansowana w ramach projektu POIG nr WND-POIG.01.03.01-12-007/09

Literatura

[1]. Dańko, J., Holtzer, M. & Dańko R.: (2006). Reclamation of used foundry sands – study of scientific problems and development research. *Edit. Research in metallurgy at the*

beginning of XXI century. Committee of Metallurgy of the Polish Academy of Sciences. Cracow: Scientific Publishers AKAPIT, ISBN 83-910159-3-9, 219-237.

- [2]. Lewandowski, L. (1997). *Materials for foundry moulds.* Cracow: Polish Scientific Publisher PWN (in Polish).
- [3]. Dańko, J., Dańko, R. & Łucarz, M. (2007). *Processes and equipment for recovery of matrix of used moulding sands.* Cracow: Scientific Publishers AKAPIT, ISBN 978-83-89541-88-8 (in Polish).
- [4]. Report of Commission 1.4 CIATF (1981). *Reclamation of Foundry sands from moulding and coremaking processes.* British Foundryman, (5), 96-130.
- [5]. Dańko, J., Holtzer, M. & Dańko, R. (2010). *Metody ograniczenia odpadów z procesów odlewniczych oraz sposoby ich zagospodarowania.* Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, ISBN 978-83-60958-57-5, Kraków, s. 229.
- [6]. *Przewodnik w zakresie najlepszych dostępnych Techniki (NDT), wytyczne dla branży odlewniczej.* Ministerstwo Środowiska, wrzesień 2004 (pod redakcją M. Holtzera).

- [7]. Dańko, R. (2010). Rebounding process of moulding sands-thermal degradation of bentonite binding qualities. *Archives of Foundry Engineering*. Vol. 1, s. 233–236.
- [8]. Raport z wykonania zadania w ramach projektu POIG nr WND-POIG.01.03.01-12-007/09 pt.: „Opracowanie programu badań regeneracji wybranych mieszanin zużytych mas formierskich i rdzeniowych w warunkach wybranej odlewni z uwzględnieniem sposobu przygotowania mas”. Autor: R. Dańko.
- [9]. Dańko, J., Dańko, R. & Holtzer, M.: (2003). Reclamation of Used Sands in Foundry Production. *Metallurgy*, 42 (3), 173-178.
- [10]. Wdrożenie nowej konstrukcji i technologii form z mas samoutwardzalnych oraz mas bentonitowych w produkcji odlewów masywnych z żeliwa. Projekt celowy KBN nr 10 TO8 011 2000 C/5214. Rok zakończenia 2003. Kierownik J. Dańko.
- [11]. Raport końcowy z realizacji projektu celowego 10 TO8 036 2000/5061 pt. „Technologia i metoda regeneracji osnowy kwarcowej ze zużytych mas formierskich i rdzeniowych uwzględniająca selekcję masy podczas wybijania odlewów i wdrożenie tej metody oraz masy z regeneratem”. Rok zakończenia 2002. Kierownik J. Dańko
- [12]. Raport z wykonania umowy o dzieło pt. Próby stanowiskowe poszczególnych zespołów i całego prototypowego regeneratora w ramach projektu REGMAS. Projekt realizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, poddziałania 1.3.1, lata 2007-2013 „Wykorzystanie nowoczesnych technologii regeneracji zużytych mas formierskich do opracowania koncepcji i wykonania innowacyjnego regeneratora wibracyjnego.

Universal mechanical vibratory reclaimer for recycling of spent sands matrices

Summary

The description of the universal mechanical vibratory reclaimer integrated with the pneumatic classifier developed within the REGMAS project [1] and intended for a dry reclamation treatment and a regeneration of the main component of spent moulding sands, which is the quartz matrix, is presented in the paper. Two groups of the reclamation operations (primary and secondary) as well as the matrix pneumatic classification were integrated in the same device. The elements innovatory in relation to the already existing solutions of vibratory reclaimers - especially in the scope of the automatic control of proportioning of after the reclamation sands into the pneumatic classifier and programming the reclamation intensity in dependence on the spent sands reclaiming ability – were indicated. The developed reclaimer can be utilized either in the reclamation seats as the autonomous device for crushing and reclamation of chemically hardened spent sands, free of metallic contaminations, or as the element of the extended reclamation system, in which the separate grid is used for knocking out moulding sand packs.