

DOBÓR PARAMETRÓW NADMUCHIWANIA ORAZ UTWARDZANIA RDZENI W TECHNOLOGII COLD-BOX

J. DAŃKO¹

Wydział Odlewnictwa AGH,
ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono podstawy prawidłowego doboru parametrów nadmuchiwania i utwardzania rdzeni. Wśród czynników wywierających wpływ na parametry oprzyrządowania do nadmuchiwania i utwardzania rozważono ciśnienie gazowego utwardzacza oraz stopnia odpowietrzenia rdzennicy dla trzech głównych systemów cold-box obejmujących procesy: fenolowy z utwardzaczem związkami aminy (Ashland), akrylowo-epoksydowy SO₂, z silnie alkaliczną żywicą fenolową utwardzaną estrami (MF).

Key words: modern core technologies, cold -box processes, core machines parameters

1. WSTĘP

Analiza światowych tendencji w zakresie wytwarzania rdzeni odlewniczych wskazuje na gwałtowny rozwój technologii cold-box. Rdzenie wykonane w tej technologii charakteryzują się bardzo dobrą wybijalnością i podatnością, wysoką wytrzymałością oraz większą dokładnością wymiarową, wynikającą z braku cyklicznego nagrzewania i studzenia rdzennicy. Technologia ta umożliwia także: zmniejszenie kosztów produkcji rdzeni, szybką wymianę rdzennic, znaczący wzrost wydajności oraz istotne zmniejszenie zużycia energii. Do ujemnych cech niektórych odmian tego procesu należą: wysoka cena spoiw i utwardzaczy, wrażliwość na obecność wilgoci oraz toksyczność niektórych składników masy. Główne odmiany technologii cold-box to: fenolowy proces Ashland, Ashland - plus, Betaset, Novanol, Socor, SO₂, FRC, Rutapox, epoksydowy proces SO₂, Red-set, Syncor, Polcor i inne [2, 4 - 6].

Wymagania stawiane przez typowe technologie cold-box realizacji gazowego utwardzania masy rdzeniowej dotyczą [3, 7]:

- punktowego doprowadzenia gazu, najczęściej przez te same otwory, przez które do rdzennicy jest nadmuchiwana masa,
- takiego usytuowania otworów odpowietrzających w rdzennicy aby warstw masy, przez które filtrują strumienie gazu miały porównywalne grubości,
- łatwego przedmuchiwania utwardzonych rdzeni powietrzem w celu usunięcia z nich gazowego utwardzacza, odciąganego do systemu neutralizacji.

2. POWIERZCHNIA I ŚREDNICA OTWORÓW DMUCHOWYCH

Obliczenie powierzchni otworów dmuchowych obejmuje:

- a) określenie powierzchni $\sum f_1$, a w przypadku pojedynczego otworu dmuchowego jego średnicy (d_1) [1, 3, 7]

¹ Prof. dr hab. inż., jd@uci.agh.edu.pl

$$\sum f_1 = \frac{m_{rdz}}{q \cdot \tau_{zap}} = \frac{V_{rdz} \cdot \rho_{st}}{q \cdot \tau_{zap}} \rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{rdz} \cdot \rho_{st}}{\pi \cdot q \cdot \tau_{zap}}} \quad (1)$$

w którym wielkość nazwana współczynnikiem jednostkowego wypływu q [$\text{kg}/\text{cm}^2\text{s}$] jest wyrażona wzorem

$$q = \frac{m_{rdz}}{\sum f_1 \cdot \tau_{zap}}; \quad (2)$$

gdzie: m_{rdz} - masa rdzenia [kg], τ_{zap} - czas zapełniania rdzennicy masą [s], $\sum f_1$ - sumaryczna powierzchnia otworów doprowadzających masę do rdzennicy [cm^2], V_{rdz} - objętość rdzenia [cm^3], ρ_{st} - gęstość masy rdzeniowej w próbce walcowej przy trzykrotnym ubiciu standardowym ubijakiem [g/cm^3], τ_{zap} - czas zapełniania rdzennicy [s].

W zależności od wielkości i stopnia skomplikowania można podać następujące grupy wielkości q , do obliczania parametrów głowicy dmuchowej dla rdzeni wykonywanych z masy zawierającej dwuskładnikową żywicę fenolową utwardzaną związkami aminy, podawanymi w postaci gazowej [3]:

Rdzenie masywne proste: $q = 2.0 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$. Odpowiada to wymaganej powierzchni otworu dmuchowego wynoszącej $0,5 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia,

Rdzenie masywne, mające przewężenia i zasilane przez kilka otworów dmuchowych: $q = 1,0 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($1,0 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia),

Rdzenie o średniej masywności, którym stawia się wymagania dokładnego odwzorowania powierzchni: $q = 0,5 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($2 \text{ cm}^2/1\text{kg}$ rdzenia),

Rdzenie skomplikowane, cienkościennie: $q = 0,2 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($5 \text{ cm}^2/1\text{kg}$ rdzenia),

W przypadku rdzeni bardzo skomplikowanych cienkościennych, odtwarzających na przykład systemy chłodzenia wodnego w silnikach spalinowych: $q = 0,143 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($7 \text{ cm}^2/1\text{kg}$ rdzenia).

b) określenie liczby pojedynczych dysz dmuchowych (strzałowych), a jednocześnie liczby punktów, przez które będzie doprowadzany do rdzennicy gazowy czynnik utwardzający:

$$n_\phi = \frac{\sum f_1}{f_{1opt}} \quad (3)$$

gdzie: $\sum f_1$ - wartość obliczona ze wzoru (1), f_{1opt} - optymalna dla danej masy rdzeniowej powierzchnia pojedynczego otworu dmuchowego.

W praktyce stosuje się dysze dmuchowe o przekroju kołowym i średnicach wewnętrznych mieszczących się w przedziale od 16 do 38 mm. Są one najczęściej wykonane ze stali w postaci dysz stożkowych. Dysze mogą być również odlane z uretanu lub nylonu i wkręcane do płyty dmuchowej stałej lub ruchomej.

Rdzenie cienkościennie są nadmuchiwanie przez szczelinowe otwory dmuchowe, których jeden z wymiarów (grubość) jest dobierana w zależności od grubości S ścianki rdzenia ($d_1 = 0,8 S$), natomiast drugi wymiar wynika z niezbędnej wielkości powierzchni otworu doprowadzającego masę, określonej wzorem (1).

3. DOBÓR WARUNKÓW PRZEDMUCHIWANIA MASY W RDZENNICY GAZOWYMI CZYNNIKAMI UTWARDZAJĄCYMI

Dobór instalacji przedmuchiwanie masy w rdzennicy sprowadza się do określenia powierzchni przewodu rurowego doprowadzającego czynnik gazowy, a także ciśnienia w kolektorze wlotowym do rdzennicy. Od wymienionych wielkości zależy ciśnienie gazowego utwardzacza wewnątrz rdzennicy, które dla danej technologii zimnej rdzennicy jest ustalane doświadczalnie [5, 7, 8]. Do obliczeń służy wzór

$$p_{bgaz} = \frac{p_{cgaz}}{\left(\frac{A}{S_{odp}}\right)^{\frac{\kappa+1}{2\kappa}}}, A = \frac{\mu_1 \cdot \psi_1}{\mu_2 \cdot \psi_2} \cong 0,38 - 0,60; \quad \begin{array}{l} A_{Ashland} = 0,60 \\ A_{procesSO_2} = 0,54 \\ A_{methylformiat} = 0,38 \end{array} \quad (4)$$

Wartości współczynnika A, zostały określone na podstawie obliczeń symulacyjnych wartości ciśnienia granicznego w rdzennicy [1], przy znanych pozostałych parametrach procesu przegazowywania. W najczęściej stosowanych odmianach technologii cold-box, zalecane wartości takich wielkości jak: stopień odpowietrzenia S_{odp} , średnie ciśnienie przegazowywania masy w rdzennicy p_{bgaz} , wartość ciśnienia p_{cgaz} , wynoszą odpowiednio

$$S_{odp} = \frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \begin{array}{l} 0,72 - Ashland \\ 0,60 - proces.SO_2 \\ 0,40 - methylformiat \end{array} \quad \begin{array}{l} p_{cgaz} = 0,25 MPa \\ 0,21 MPa \\ 0,23 MPa \end{array}; \quad \begin{array}{l} 1,37 \cdot (0,25) = 0,34 MPa \\ p_{bgaz} = 1,20 \cdot (0,21) = 0,25 MPa \\ 1,10 \cdot (0,23) = 0,25 MPa \end{array} \quad (5)$$

4. ŚREDNICE PRZEWODÓW UTWARDZACZA GAZOWEGO

Na rysunku 1 przedstawiono zalecane wartości przekroju kolektora wlotowego, doprowadzającego do rdzennicy gazowy utwardzacz w zależności od odmiany technologii cold-box, usytuowania płaszczyzny podziału rdzenia i stopnia jego skomplikowania. Zgromadzone do tej pory dane empiryczne, dotyczące przekrojów przewodów instalacji do utwardzania rdzeni czynnikami gazowymi można następująco scharakteryzować dla poszczególnych odmian zimnej rdzennicy 2 - 3, 5]:

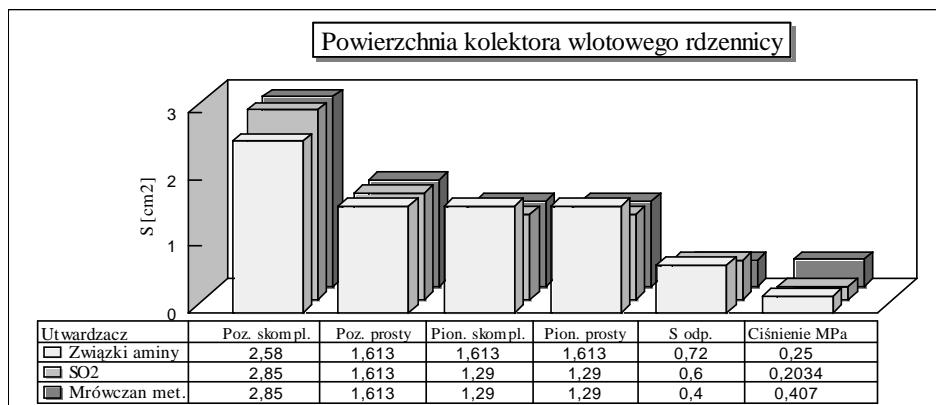
4.1. Rdzenie z żywicą fenolową utwardzane za pomocą przedmuchiwanie związkami aminy

Rdzenie o masie ok. 0,5 do 6,8 kilograma wymagają doprowadzania aminy przewodem o średnicy równej 25,4 mm (1 cal). Rdzenie o masie od 6,8 do 23 kg - przewodem o średnicy ok. 32mm (1,25 cala), a dla rdzeni od 23 do ok. 45,5 kg zalecana średnica wynosi 38 mm (1,5 cala).

4.2. Rdzenie z żywicą akrylowo-epoksydową utwardzane za pomocą przedmuchiwanie (SO_2)

Zalecana średnica przewodu dostarczającego SO_2 do utwardzania rdzeni o masie od. 0,5 do 45,5 kg wynosi 51 mm (2 cale). Rdzenie mieszczące się w przedziale masy od. 45,5 do 91

kg utwardza się SO₂ podawanym przewodem o średnicy 70 mm (2,75 cala), a ponad 91 kg o średnicy równej ok. 90 mm (3,5 cala).



Rys. 1. Zalecane wartości przekroju kolektora wlotowego, doprowadzającego do rdzennicy gazowy utwardzacz w typowych odmianach technologii zimnej rdzennicy (oprac. na podstawie danych Hortona i in. [5]).

Fig. 1. Recommended cross section area of core box collector inlet conducting the gaseous hardener for typical cold-box technologies (elaborated according to data given by Horton et al [5]).

4.3. Rdzenie z zasadową żywicą fenolową utwardzane mrówczanem metylu (proces pepset lub MF)

W przedziale od 0,5 do 11,3 kg średnica przewodu gazowego wynosi od 9,5 do 19 mm (0,375 - 0,75 cala). Dla rdzeni od 11,3 do 45,5 kg średnica przewodu wynosi od 32 do 38 mm (1,25 do 1,5 cala). Rdzenie o masie ponad 45,5 kg wymagają przewodu gazowego o średnicy od 38 do 51 mm (1,5 do 2 cali).

5. PODSUMOWANIE

W nowoczesnych metodach cold-box, analogicznie jak w klasycznych metodach nadmuchiwania i wstrzeliwania rdzeni priorytetową czynnością technologiczną jest optymalne wypełnienie wnęki rdzennicy i prawidłowy rozkład gęstości pozornej masy. Spełnienie wymagań związanych z utwardzeniem masy w rdzennicy za pomocą przedmuchiwania czynnikami gazowymi wymaga określonego wydatku gazu, uzyskanego przez dobór przewodu o odpowiedniej powierzchni przekroju, a także uzyskanie właściwego stopnia odpowietrzenia (por. wzór (5) oraz optymalnego dla danej technologii ciśnienia gazu w rdzennicy.

Należy pamiętać, że przy tej samej wartości stopnia odpowietrzenia można uzyskać znaczne zróżnicowanie wypełniania rdzennicy, w zależności od kształtu jej wnęki, zastosowanego stopnia odpowietrzenia rdzennicy i wartości parametrów procesu dmuchowego.

W porównaniu z klasycznym procesem dmuchowym (nadmuchiwanie, wstrzeliwanie), w którym masa jest utwardzana za pomocą dostarczonego ciepła (np. suszenie lub technologia hot-box), w metodach zimnej rdzennicy większa liczba otworów dmuchowych ułatwia wypełnienie skomplikowanych rdzennic, a także ułatwia utwardzenie masy.

CHOOSING OF PARAMETERS VALUE FOR CORE BLOWING AND HARDENING PROCESSES IN COLD-BOX TECHNOLOGY

SUMMARY

This paper presents background for proper choosing of core blowing and hardening parameters. Among factors which affect the performance of the blowing and curing arrangement the pressure of gasing agent and venting ratio is considered for three dominating cold box systems: Ashland amine cured phenolic process, acrylic- epoxy SO₂ cured and ester cured - strongly based phenolic resin (methylformiate).

LITERATURA

1. Dańko J.: Proces wykonywania rdzeni i form odlewniczych metodami dmuchowymi. Badania i teoria. Zeszyty Naukowe AGH "Metalurgia i Odlewnictwo" nr 145, Kraków 1992.
2. Dańko J., Dobosz S.: Zasady doboru parametrów procesu dmuchowego i oprzyrządowania do wykonywania rdzeni metodami zimnej rdzennicy. XX Konferencja Naukowa Wydziału Odlewnictwa AGH, 8 - 9 czerwiec, Kraków 1995, s. 237 - 242.
3. Dańko J., Karwacki J.: The parameters of blowing and hardening process during manufacture of cores by main cold-box technologies. 3rd. International Conference "Economics and Ecology of Foundry Production '96" Nitra (Słowacja), V. 1996, s. 10 -15.
4. Ellinghaus W., Löhte K.: Wytwarzanie rdzeni z zastosowaniem fenolowego procesu CO₂ (proces Resol/CO₂), Przegląd Odlewnictwa nr 11, 1996, s. 317 - 319.
5. Horton K. B., Wade T., C: Cold box design. International GIFA Congress '94, s. 324 - 332.
6. Lewandowski J. L.: Masy formierskie i rdzeniowe. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1991.
7. Popov A.: Wytwarzanie rdzeni metodą cold-box - doświadczenia firmy Laempe. Przegląd Odlewnictwa nr 2, 1994, s. 58 - 61.
8. Torbus M., Laufer H. J.: Proces cold-box - nowa, ekonomiczna metoda dla polskiego przemysłu odlewniczego. Przegląd Odlewnictwa 1992, nr 6, s. 208 - 212.

Badania częściowo zrealizowano w ramach pracy statutowej nr.AGH 11.11.170.169

TECHNOLOGIA SPORZĄDZANIA MAS ZE SPOIWEM ALKIDOWYM

CZ. RUDY¹J.A. ZAPALSKI², T. LEGIERSKI³,

¹- Przedsiębiorstwo Projektowo Produkcyjne „Technical” Sp. z o.o.
ul. Zielonogórska 1a, 67-100 Nowa Sól

²- Zakład Metalurgiczny Alstom Power Sp. z o.o.,
ul. Stoczniowa 2, 82-300 Elbląg

³- AMEplus Sp. z o.o.
ul. Wieczorka 33, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono opis działania oraz parametry techniczno – technologiczne stanowiska sporządzania mas formierskich alkidowych SPMP-3 zaprojektowanego i wykonanego przez firmę TECHNICAL – Nowa Sól w odlewni ALSTOM POWER - Elbląg. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań technicznych, innowacyjności rozwiązań w zakresie mechanicznym, instalacji dozowania oraz technik sterowania i wizualizacji osiągnięto oczekiwane parametry techniczno –technologiczne.

Key words: alkyd moulding sand, resin and hardener feeding,

1. WSTĘP

Masy ze spoiwem alkidowym, zwane potocznie masami alkidowymi, należą do grupy procesów uretanowych. Spoiwo składa się z żywicy alkidowej, modyfikowanej olejem schnącym, natomiast związkami sieciującymi jest poliizocyjanian. Wiązanie zachodzi dwuetapowo; w pierwszym etapie poliizocyjanian reaguje z żywicą alkidową dając spoiwo uretanowe a drugi etap wiązania polega na utlenianiu i polimeryzacji oleju schnącego.

Masy alkidowe mają niezwykle korzystną cechę przydatną w warunkach warsztatowych - są mało wrażliwe na zanieczyszczenia i zakłócenia procesu. Nieznaczne ilości (do 1,5%) składników alkalicznych nie wpływają ujemnie na właściwości masy. Podobnie podwyższona temperatura piasku /25 – 50°C/, która jest zabójcza w innych procesach żywicznych, tutaj jedynie przyspiesza wiązanie i skraca żywotność ale pozwala kontynuować pracę. Należy jedynie zwracać uwagę na dobre wysuszenie piasku, gdyż zawartość wilgoci nawet rzędu 0,2% powoduje przedłużenie czasu wiązania i obniża końcową wytrzymałość. Masy alkidowe są wygodne w codziennym zastosowaniu. Są prawie bezzapachowe, łatwo się zagęszczają – wystarczy udeptanie masy, a jedynie w warstwie przymodelowej wskazane jest dogęszczenie masy ręcznym ubijakiem.

Masy alkidowe należą jednak do bardziej kapryśnych jeśli chodzi o ich sporządzanie. Parametrami krytycznymi są tutaj: ● wysoka lepkość spoiwa i izocyjanianu, utrudniająca dokładne dozowanie i poprawne wymieszanie składników, ● powinowactwo oleju schnącego, będącego składnikiem spoiwa, do tlenu z powietrza, powodujące tworzenie utlenionej warstwy („kożucha”) na powierzchni spoiwa w zbiorniku, ● powinowactwo izocyjanianu do wilgoci z powietrza dające w efekcie również produkty wiązania na powierzchni cieczy w zbiorniku.

Dla uzyskania dobrze wymieszanej masy niezbędne stają się specjalne zabiegi, nie spotykane wręcz przy sporządzaniu innych rodzajów mas.

Obydwa składniki ciekłe muszą znajdować się w podgrzewanych zbiornikach ze stabilizacją temperatury. Do obydwu zbiorników powinien być doprowadzony gaz obojętny,

¹ mgr inż. Prezes TECHNICAL, zarzad@technical.com.pl

² dr inż.

³ dr Prezes AMEplus

najlepiej argon, osłaniający ciecz przed negatywnym oddziaływaniem powietrza. Konstrukcja układu mieszającego również musi być niestandardowa by zapewnić dobre wymieszanie masy.

Autorzy artykułu są w większości autorami opisanych tutaj rozwiązań, dzięki którym doprowadzono do stabilizacji procesu przygotowania mas alkidowych, bo trzeba jeszcze raz podkreślić, że sporządzanie mas alkidowych jest trudnym, pełnym niespodzianek procesem.

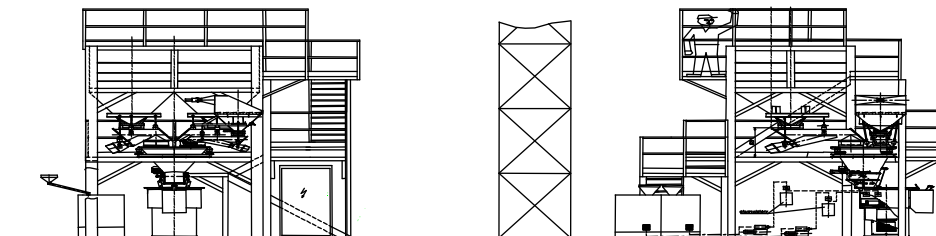
Poniżej przedstawiono dokładną charakterystykę techniczną mieszarki ML-015 A oraz wszystkich systemów stanowiska przygotowania mas przymodelowych SPMP-3, szczegółowo omawiając wszystkie jej podzespoły i układy sterujące. Omówiono także technologiczne aspekty przygotowania mas alkidowych.

2.CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA.

Mieszarka lemieszowa ML-015A		
- jednorazowy załadunek		150 kg
- czas cyklu		nastawiany
- wydajność		max 3.000 kg/h
Transport i dozowanie piasku chromitowego i kwarcowego do wagi		podajnik wibracyjny elektromagnetyczny WR-23
Transport i dozowanie tlenku żelaza do wagi		podajnik wibracyjny elektromagnetyczny PWR-002
Naważanie i dozowanie składników sypkich do mieszarki		elektroniczna waga dozująca EWD-350
Dozowanie spoiwa (żywicy) i utwardzacza do mieszarki		
- zakres dozowania składników		
	utwardzacz	0,1-0,75 kg
	żywica	0,6-2,3 kg
- czas dozowania składników do akumulatorów tłokowych		
	Utwardzacza (0,3 kg)	max 40 s
	Żywicy (2,3 kg)	max 115 s
- czas włączania składników z akumulatorów do mieszarki		
	utwardzacza	max 10 s
	żywicy	max 10 s
- dokładność dozowania składników ciekłych dla masy o składzie nominalnym		
	150 kg piasku kwarc.	± 1%
	1,2 kg tlenku żelaza	± 5%
	1,83 kg żywicy	± 3%
	0,42 kg utwardzacza	
- stabilizacja temperatury		30-35 °C

3. OPIS TECHNICZNY.

Stanowisko sporządzania mas formierskich alkidowych SPMP-3 przedstawia rys.1 .



Rys.1. Stanowisko sporządzania mas formierskich alkidowych SPMP-3.

Fig. 1. SPMP-3 station of alkyd moulding sand preparation.

W skład stanowiska wchodzi :

Mieszarka lemieszowa ML-015, przeznaczona do mieszania składników mas alkidowych. Mieszanie składników odbywa się porcjami wg zadanych receptur. Załadunek składników do mieszarki odbywa się od góry przez pokrywę z elektronicznej wagi dozującej. Rotację mieszanych składników wymusza lemieszowe mieszadło, które dzięki specjalnej konstrukcji uzyskanej na drodze komputerowego modelowania powoduje dokładne wymieszanie składników i uzyskanie jednorodnego składu.

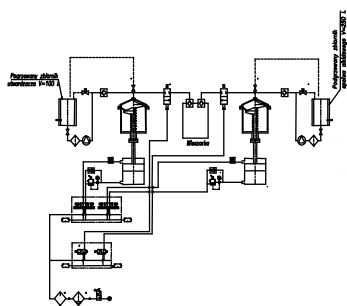
Elektroniczna waga dozująca, przeznaczona do ważenia składników sypkich: piasku kwarcowego, piasku chromitowego, tlenku żelaza. Waga składa się ze zbiornika stalowego podwieszonoego na trzech czujnikach tensometrycznych. Zbiornik od dołu zamknięty jest odchylną klapą wysypową, uruchamianą siłownikiem pneumatycznym. Na bocznej ścianie zbiornika zamontowany jest wibrator pneumatyczny, uruchamiany w końcowej fazie rozładunku naważonych składników ze zbiornika do mieszarki zapobiegający zawieszaniu się pylistych składników na ściankach zbiornika.

Zbiorniki piasku kwarcowego i chromitowego, wykonane są z blach i profili spawanych. Zbiornik piasku posiada w dachu dwa otwory zasypowe. Na ścianie bocznej zbiornika znajdują się dwa czujniki poziomu piasku. Wysypy piasku ze zbiorników posiadają zasuwę ręczną, odcinającą wypływ materiału. Do ścian zbiorników podwieszono są dwa podajniki wibracyjne rurowe do transportu piasku kwarcowego i chromitowego ze zbiorników do elektronicznej wagi dozującej. Podajniki wibracyjne posiadają klapy, odcinające wypływ piasku z podajnika do wagi. Klapy zamykane są przy pomocy siłowników pneumatycznych.

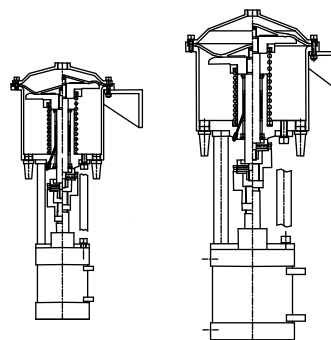
Zbiornik tlenku żelaza zamocowany jest obok zbiornika piasku. Wykonany jest z blach i profili spawanych. Wewnątrz zbiornika znajduje się obrotowe mieszadło napędzane motoreduktorem. Mieszadło ma za zadanie zapobiegać zawieszaniu się tlenku żelaza w zbiorniku. Do zbiornika tlenku żelaza podwieszono jest podajnik wibracyjny, który transportuje tlenek do elektronicznej wagi dozującej.

Instalacja pneumatyczna składa się z filtra powietrza, smarownicy, siłowników pneumatycznych, zaworów rozdzielających, zaworów odcinających, zaworów dławiących oraz redukcyjnych. Instalacja pneumatyczna połączona z centralnym układem sterowania elektrycznego, realizuje wszystkie funkcje zgodnie z cyklogramem pracy stanowiska.

Instalacja dozowania żywicy, przedstawiona na rys. 2, składa się z podgrzewanego zbiornika o pojemności (250 l), filtra osadnika, pompy dozującej typ 1xAE.K.40.RR, zaworu przelewowego, zwrotnego, akumulatora membranowego (2,5 l) rys.3, oraz zaworów; odcinającego, dozującego, kulowego. Zadaniem instalacji dozowania żywicy jest podanie zaprogramowanej ilości żywicy do mieszarki zgodnie z zadaną recepturą.



Rys.2. Instalacja dozowania żywicy i utwardzacza.
Fig. 2. Resin and hardener feeding system.



Rys.3. Akumulator membranowy żywicy i utwardzacza.
Fig. 3. Membrane accumulator of resin and hardener.

Instalacja dozowania utwardzacza, przedstawiona na rys. 2, składa się z podgrzewanego zbiornika o pojemności (250 l), filtra osadnika, pompy dozującej typ 1xAE.K.40.RR, zaworu przelewowego, zwrotnego poz. 8, akumulator membranowy (2,5 l) rys.3, zaworów; odcinającego, dozującego, kulowego. Zadaniem instalacji dozowania utwardzacza jest podanie zaprogramowanej ilości utwardzacza do mieszarki zgodnie z zadaną recepturą.

Instalacji osłony z gazu obojętnego (argonu), przedstawiona na rys. 4, składa się z kolektora, zaworu redukcyjnego, zaworu odcinającego.

Sterowanie elektryczne SPMP-3 wykonano w oparciu o sterownik swobodnie programowalny serii 90-30 firmy GE Fanuc. Sterowanie wykonano przy pomocy oprogramowania narzędziowego Logicmaster 90. Program sterujący stanowi realizację algorytmu wiążącego sygnały wejściowe, które dopływają do sterownika z sygnałami wyjściowymi służącymi do sterowania urządzeniami wykonawczymi. Sterownik czuwa nad przebiegiem cyklu pracy automatycznej a także pracy poszczególnych mechanizmów na sterowaniu ręcznym. Sterownik współpracuje z oprogramowaniem wizualizacyjnym zainstalowanym na komputerze.

Pulpit sterowniczy stanowiska przygotowania masy przymodelowej tworzą drzwi szafy sterowniczej z zamontowaną aparaturą sterowniczą, kontrolno pomiarową i sygnalizacyjną.

Wizualizacja procesu odbywa się na komputerze włączonym jednocześnie do zakładowego systemu BaaN IV, który to system umożliwia zintegrowane zarządzanie procesami odlewniczymi. Komputer znajduje się w pomieszczeniu mistrzów formierni i dostęp do niego, na hasło, mają tylko mistrzowie i technolog mas formierskich, który jako jedyny ma prawo zmieniać recepturę. Mistrzowie z kolei wpisują zamówienia na masę przymodelową podając rodzaj masy, wielkość porcji, numer modelu, zlecenie. Dane powyższe odczytuje operator na pulpicie sterowniczym mieszarki i uruchamia wykonanie kolejnych porcji masy. Dane o ilości masy i zużycia składników z całego dnia wczytywane są do systemu BaaN IV.

3. OPIS CYKLU TECHNOLOGICZNEGO SPMP - 3.

Proces mieszania składników mas alkidowych oraz pracy stanowiska SPMP-3 przedstawia cyklogram pracy rys.5. Piasek kwarcowy lub chromitowy dozowany jest przy pomocy podajnika wibracyjnego rurowego do elektronicznej wagi dozującej. Po podaniu odpowiedniej ilości piasku następuje dozowanie tlenku żelaza w odpowiedniej proporcji do ilości piasku. Tlenek żelaza dozowany jest podajnikiem wibracyjnym do wagi dozującej.

Równolegle w czasie dozowania składników sypkich do wagi dozującej, następuje ładowanie składników ciekłych (żywicy i utwardzacza) do akumulatorów przeponowych, w ilości zgodnej z recepturą masy zapisanej w komputerze.

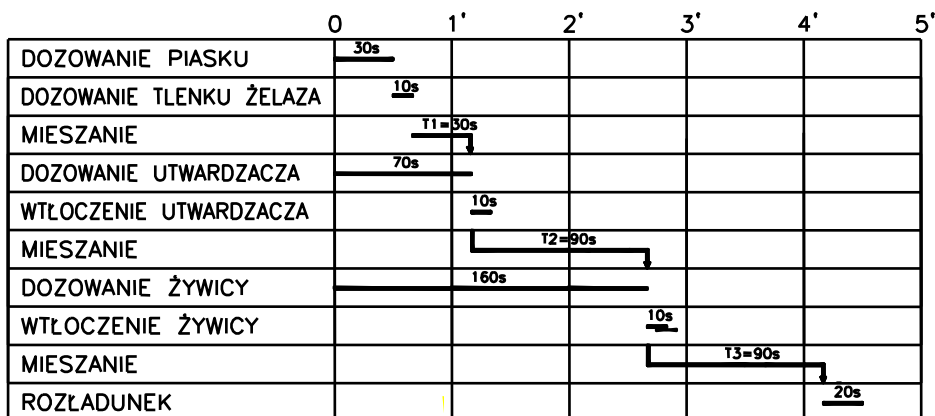
Po naważeniu w wadze dozującej zaprogramowanej ilości składników sypkich następuje otwarcie wagi i wsypanie zawartości do mieszarki lemieszowej. Po czasie T1 mieszania (czas regulacji $10 \div 60$ s) następuje wtłoczenie utwardzacza z akumulatora przeponowego do mieszarki. Po czasie T2 mieszania ($30 \div 120$ s.) następuje wtłoczenie żywicy z drugiego akumulatora.

Z cyklogramu wynika, że na podanie obydwu składników ciekłych do mieszarki dysponujemy czasem po 10 sekund. Równocześnie z charakterystyki technicznej wynika konieczność utrzymania dokładności dozowania na poziomie $\pm 3\%$. Wielkości te pozostają ze sobą w pewnej sprzeczności, bo chcąc zapewnić tak krótki czas dozowania należałoby stosować pompy o dużej wydajności, ale z natury rzeczy o małej dokładności. Problem ten został rozwiązany w ten sposób, że wykorzystano (wg cyklogramu) czasy:

- 70 s dla utwardzacza
- 160 s dla żywicy

na zmagazynowanie odpowiednich porcji żywicy i utwardzacza.

Urządzeniami magazynującymi są akumulatory membranowe. Dla przygotowania odpowiednich porcji żywicy i utwardzacza zastosowano, bardziej dokładne, pompy o małej wydajności. Akumulatory zaś wytlaczają odpowiednie porcje składników do mieszarki w wymaganym czasie 10 s. Od chwili zakończenia dozowania żywicy następuje mieszanie całej zawartości przez czas T3 ($60 \div 150$ s.), po czym następuje otwarcie kłapy mieszarki i wysypanie gotowej masy w czasie ok. 20s. Całkowity czas cyklu mieszania nie przekracza 270 s. Po wykonaniu szeregu prób produkcyjnych wpływu czasu mieszania na wytrzymałość końcową masy ustalono, że optymalne czasy odpowiednio wynoszą: T1=30 s, T2=90s, T3=90s.



Rys.4. Cyklogram pracy stanowiska SPMP-3.

Fig.4. Operation cyclogram of SPMP-3 station.

3.2. Opis działania instalacji dozowania żywicy i utwardzacza.

Działanie zostanie opisane na przykładzie rys. 2 przedstawiającego linię dozowania żywicy i utwardzacza. Do podgrzewanego zbiornika wlewa się ciekłą żywicę do momentu zasygnalizowania górnego poziomu. Dolny najniższy poziom jest również sygnalizowany lampką kontrolną w szafce sterowniczej. Zbiornik ogrzewany jest płaszczem wodnym z zanurzonymi grzałkami i czujnikiem temperatury. Układ grzewczy wyposażony jest w regulatory pozwalające utrzymać założoną temperaturę $30 \div 35^\circ\text{C}$. Po wlaniu żywicy układ

wymaga 1,5 do 3 godzin (w zależności od temperatury zewnętrznej) na osiągnięcie założonej temperatury. Po osiągnięciu temperatury 30°C linię dozowania można uruchomić.

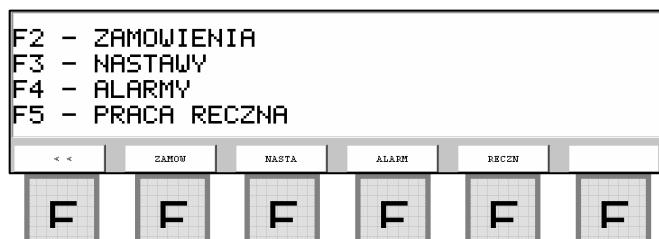
W momencie startu stanowiska następuje włączenie się pompy, która przetłacza żywicę przez zawór zwrotny do przestrzeni roboczej akumulatora. W akumulatorze przetłaczana żywica wciska membranę, sprężynę oraz siłownik. Ilość wtłaczanej żywicy regulowana jest czasem pracy pompy. Po zatrzymaniu pompy żywica wypełnia całkowicie przestrzeń nad membraną akumulatora. Po sygnale z programu sterowania o podaniu żywicy do mieszarki następuje wytlaczanie żywicy. Po opróżnieniu akumulatora, jego membrana przyjmuje zawsze stałą górną pozycję, tzw. „pozycję bazową”. W tym momencie następuje zamknięcie zaworu odcinającego oraz wyłączenie sprężonego powietrza z siłownika akumulatora. Akumulator jest przygotowany do przyjęcia następnej porcji żywicy. Linia dozowania utwardzacza działa identycznie.

3.3. Opis działania instalacji osłony z gazu obojętnego (argonu).

Działanie instalacji argonu przedstawia rys.4. Dla wyeliminowania zjawiska wydzielania się krystalicznych produktów dysocjacji utwardzacza w wyniku oddziaływania wilgoci z atmosfery, a także polimeryzacji warstwy powierzchniowej spoiwa w wyniku oddziaływania tlenu z powietrza atmosferycznego konieczna jest instalacja osłony z gazu obojętnego (argonu) w zbiornikach magazynujących spoiwo i utwardzacz. Obecność argonu w tych zbiornikach gwarantuje wyeliminowanie negatywnych zjawisk, zatykania się zaworów i przewodów. Zastosowanie argonu wynika z tego, że jest gazem obojętnym, niepalnym, niewybuchowym oraz nietrującym. Ponadto jest cięższy od powietrza atmosferycznego, co gwarantuje zapełnienie przestrzeni zbiorników nad powierzchnią żywicy i utwardzacza. Argon o ciśnieniu sieciowym 1,6 MPa dostarczany jest z istniejącej sieci zakładowej, następnie redukowany zaworem redukcyjnym i dalej poprzez kolektor i zawory odcinające podawany do zbiorników nad powierzchnię górną żywicy i utwardzacza. Należy zwrócić uwagę, aby przepływ argonu był minimalny, aby uzupełniał z niewielkim nadmiarem opróżnioną w czasie pracy SPMP-3 objętość zbiorników magazynujących żywicę i utwardzacz.

4. NASTAWA PARAMETRÓW PRACY.

Nastawę parametrów pracy dokonuje się za pomocą panelu operatorskiego umieszczonego na drzwiach szafy sterowniczej. Na panelu operatorskim wyświetlany jest ekran (rys 6):

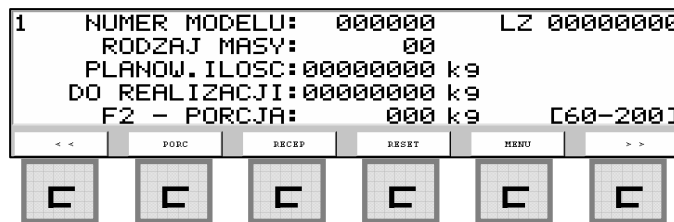


Rys. 6 Menu główne
Fig. 6 Main menu

Menu główne umożliwia:

realizację zamówień – przycisk F2

- dokonywanie nastaw parametrów procesu – przycisk F3
- odczytanie alarmów – przycisk F4
- nastawę parametrów pracy ręcznej – przycisk F5



Rys. 6 Ekran realizacji zamówień
Fig. 6 Screen to realisation of orders

Ekran realizacji zamówień zawiera informacje o numerze modelu, numerze zamówienia (LZ), rodzaju masy do wykonania, planowanej ilości do wykonania, pozostałej ilości do zrealizowania danego zamówienia oraz wielkość aktualnej porcji.

Ekran nastawy czasu mieszania w zakresie podanym na ekranie. Czas T1 – mieszanie na sucho, T2 – mieszanie z utwardzaczem, T3 – mieszanie po z żywicą. Nastawę czasów dokonuje się analogicznie do nastawy porcji masy. Przycisk F1 – powrót do menu, F2, F3, F4 – nastawa czasów, F6 – przejście do następnych nastaw



Rys. 7 Ekran nastawy czasów.
Fig.7 Screen to adjustment of time



Rys. 8 Ekran nastawy prędkości
Fig. 8 Screen to adjustment od speed

Ekran nastawy prędkości obrotowej lemiesza podczas mieszania i rozładunku. Przycisk F1 – przejście do poprzednich nastaw, F2 – nastawa prędkości mieszania, F3 – nastawa prędkości podczas rozładunku.

5. SYSTEM MONITOROWANIA I STEROWANIA NADRZĘDNEGO MIESZARKI MAS ODLEWNICZYCH.

Zwiększające się wymagania co do jakości, precyzji jak i szybkości wykonania odlewów powodują potrzebę przygotowania szerokiej gamy mas formierskich dostosowanych do różnych odlewanych materiałów. W celu zapewnienia konkurencyjności i możliwości podążania za potrzebami rynku należy stosować rozwiązania pozwalające na szybkie wdrożenie

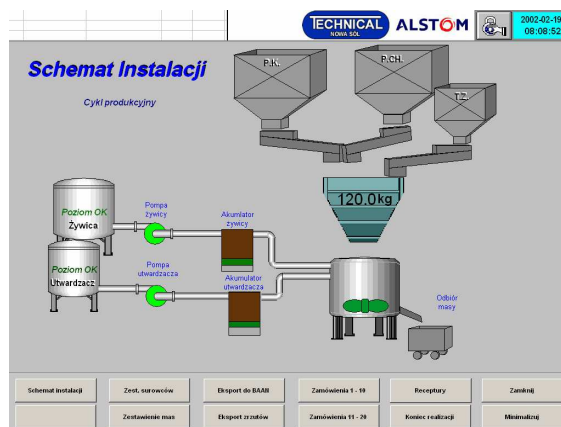
przygotowanych według nowych receptur mas. Wymagania takie spełniają mieszarki wyposażone w system sterowania nadrzędnego pozwalający zarówno na łatwą modyfikację i wprowadzanie nowych rodzajów mas formierskich, jak i na rejestrację zużycia poszczególnych materiałów wykorzystywanych do produkcji mas.

Firma **Technical Sp. z o.o. Nowa Sól** wykonała stanowisko sporządzania nas przymodelowych SPMP-3, które zostało wyposażone w system monitorowania i sterowania nadrzędnego zaprojektowany przez firmę **AMEplus Sp. z o.o. Gliwice**.

System ten umożliwia graficzne przedstawienie stanu pracy stanowiska, wprowadzanie zapotrzebowania na poszczególne rodzaje oraz rejestrację wykonanych porcji masy i ilości zużytych materiałów. System może być połączony z zakładowym systemem baz danych (np. BAAN lub SAP).

5.1. Ekran wizualizacji

Ekran synoptyczny przedstawiający aktualny stan pracy mieszarki informuje operatora o poprawności procesu przygotowania masy, wypełnieniu zasobników z poszczególnymi materiałami, odpowiedniej temperaturze żywicy i utwardzacza.



Rys. 8 Ekran wizualizacji mieszarki
Fig. 8 Visualisation screen of the mixer

5.2. Sterowanie nadrzędne.

Operator systemu nadrzędnego ma możliwość wprowadzania zamówień na odpowiednie ilości poszczególnych mas. Zamówienia są identyfikowane w zależności od potrzeb dla poszczególnych modeli, projektów itp., co pozwala na wygenerowanie zestawień zużytych materiałów na poszczególne modele.

Numer modelu	Nr zlecenia	Rodzaj masy	Aktualna porcja	Zamówne	Ilość pozostała	
12U123	123	1 USB	0	1000	1000	Zamówienie 1
12U123	123	2 USA	0	100	100	Zamówienie 2
12S123	222	3 USA.1	0	300	300	Zamówienie 3
12S123	222	1 USB	0	750	750	Zamówienie 4
	0	0	0	0	0	Zamówienie 5
	0	0	0	0	0	Zamówienie 6
	0	0	0	0	0	Zamówienie 7
	0	0	0	0	0	Zamówienie 8
	0	0	0	0	0	Zamówienie 9
	0	0	0	0	0	Zamówienie 10

Rys. 10 Ekran do wprowadzania listy zamówień
Fig. 10 Screen to input list of order

Operator posiadający uprawnienia do zarządzania recepturami może w prosty sposób zmodyfikować skład receptury lub wprowadzić nową recepturę w zależności od bieżących potrzeb produkcyjnych.

System sterowania nadrzędno automatycznie rejestruje ilości wyprodukowanej masy i zużytych materiałów w lokalnej bazie danych. Informacje te służą do generowania zestawień wyprodukowanych mas formierskich i zestawień zużytych materiałów. Informacje z lokalnej bazy danych mogą być wyeksportowane do baz zakładowych na życzenie operatora lub automatycznie.

Lp.	Składniki	Ilość	kg
1.	Piasek Kwarcowy	100	kg
2.	Piasek Chromitowy	0	kg
3.	Tlenek Żelaza	1	kg
4.	Utwardzacz	0.25	kg
5.	Żywica	1.1	kg

Rys.11 Ekran do wprowadzania lista receptur
Fig. 11 Screen to input list of recipes

LITERATURA

- [1] Katalogi i prospekty producenta maszyn i urządzeń odlewniczych TECHNICAL.

METODA BILANSOWANIA MATERIAŁÓW FORMIERSKICH W PROCESIE ODLEWANIA

I. DZWONNIK¹

Instytut Inżynierii Produkcji i Materiałoznawstwa Wydział Mechaniczny
Zakład Organizacji i Automatykacji Produkcji
Uniwersytet Zielonogórski ul. Prof. Zygmunta Szafrana, 265-016 Zielona Góra

STRESZCZENIE.

W artykule przedstawiono metodę budowy i funkcjonowania bilansu materiałów biorących udział w procesie wytwarzania odlewów. Ważną cechą przyjętej metody jest przyporządkowanie bilansów cząstkowych obejmujących wszystkie materiały biorące udział w procesie wytwarzania oraz zamykanie bilansu na każdym etapie procesu. Podstawowym bilansem jest dzienny rozchód materiałów, który stanowi składową bilansów tygodniowych i następnie miesięcznych itd. Przedstawiono również konieczne warunki do wprowadzenia bilansu w odlewni.

1. WSTĘP

Potrzeba kontroli rozchodu materiałów w procesie produkcyjnym nie tylko w odlewni jest koniecznością oczywistą. Kontrola ta umożliwi uniknięcia nagromadzeniu nadmiernych zapasów lub spowodowanie przerwy w produkcji. Tak w pierwszy jak i w drugim przypadku, wystąpi podwyższenie kosztów wytwarzania. Do najczęściej stosowanych metod bilansowania materiałów w odlewniach należą metody okresowej inwentaryzacji zapasów bez możliwości analizy poprawności zużycia ilości materiałów. W opracowanej metodzie stworzono modelowe zużycie materiałów dla rozpatrywanej odlewni. W ten sposób uzyskano układ odniesienia dla rzeczywistego zapotrzebowania materiałów dla każdego etapu produkcji konkretnych form i odlewów wykonanych w odpowiednim czasie i rozważanej odlewni. Podstawą do opracowania omawianego bilansu były rozważania autora [1, 2].

2. OGÓLNA POSTAĆ BILANSU ORAZ ZAKRES JEGO WYKORZYSTANIA

Proces produkcyjny w odlewni opisywany ilością materiałów lub produktów można przedstawić następującymi wielkościami:

Q1i - ilość materiałów lub produktów znajdujących się w odlewni przed rozpoczęciem etapu lub cyklu produkcyjnego i stanowi pierwszy zapas,

Q2i - ilość materiałów lub produktów wykonanych w następnym etapie lub cyklu produkcyjnym, stanowi tzw. przychód, który może pochodzić z zewnętrznych lub wewnętrznych źródeł zaopatrzenia,

Q3i - ilość materiałów lub produktów znajdujących się w odlewni przed rozpoczęciem następnego etapu lub cyklu produkcyjnego z uwzględnieniem przychodu i stanowi drugi zapas, $Q3i = Q1i + Q2i$,

Q0i - ilość materiałów lub produktów wykonanych w poprzednim etapie lub cyklu i pobranych do realizacji następnego etapu lub cyklu produkcyjnego,

¹ dr hab. inż. prof. UZ. I.Dzwonnik@iip.uz.zgora.pl

Q4i - ilość materiałów lub produktów pozostałych po realizacji etapu lub cyklu i stanowi trzeci stan zapasów przeznaczonych do realizacji w następnym etapie lub cyklu produkcji.

W oznaczeniu np. **Q4i** należy rozumieć, że pierwszy indeks 4 informuje o pozycji w bilansie, drugi indeks i przybierający wartości od 0 do i i zamyka etap produkcji realizowany w danym cyklu. Wartość np. **Q41** realizowanego cyklu staje się wartością **Q10** w następnym cyklu.

Ogólnie bilans materiałowy procesu produkcyjnego w odlewni można przedstawić wyrażeniem:

$$Q1i + Q2i = Q3i - Q0i = Q4i \quad (1)$$

Przedstawiony bilans materiałowy (1) opisuje ilość wszystkich materiałów i produktów biorących udział w procesie produkcyjnym w każdym etapie i każdym cyklu produkcji [1].

3. OPIS PROCESU WYKONYWANIA FORM I ODLEWÓW DLA BUDOWY I FUNKCJONOWANIA BILANSU

W rozważaniach wytwarzania mas, form i odlewów, proces podzielono na 8 etapów wynikających z realizacji procesu technologicznego i opisujących cykl produkcji z jednego dnia, oraz stanowiących podstawę cykli obejmujących produkcję tygodnia, miesiąca itd.

Magazynowanie materiałów formierskich.

Jest pierwszym etapem gromadzenia wszystkich materiałów w magazynie w ilości zabezpieczających zapas dwutygodniowy = Q31, z czego tygodniowy zapas o masie - Q10 jest „nienaruszalny” a przychód o tej samej ilości = Q21 przeznacza się do bieżącej produkcji. Z Q31 pobiera się materiały do następnego etapu przygotowania składników, w ilości = Q01. Ilość materiałów określona przez Q41 jest zapasem materiałów w następnym cyklu.

Składowane materiały ogólnie oznaczono:

O*(Q) – masa osnowy piaskowej wymagającej przygotowania,

S(Q) – masa materiału wiążącego,

D(Q) – masa dodatków technologicznych do mas formierskich.

Magazyn buforowy przygotowanych materiałów formierskich.

Przechowywanie przygotowanych materiałów formierskich jest drugim etapem wytwarzania. Polega on np. na wysuszeniu i przesiewaniu osnowy piaskowej O*(Q) w ilość - Q01 pobranej z magazynu staje się przychodem materiału Q21 przygotowanego o masie = O(Q) pomniejszonej o straty wynikające z procesu:

O(Q1) – masa przygotowanej osnowy piaskowej,

S(Q1) – masa przygotowanych materiałów wiążących,

D(Q1) – masa przygotowanych dodatków technologicznych,

M(Q1) – masa świeżej masy formierskiej = O(Q1) + S(Q1) + D1(Q1) + D2(Q1)

PM(Q) – masa przesypowej masy formierskiej,

UM(Q) – masa używanej masy formierskiej,

XM(Q) – masa zużytej masy formierskiej przeznaczonej na zwał.

Sporządzenie odświeżonej masy.

Trzeci etap polega na dozowaniu i wymieszaniu składników wg ustalonej receptury w celu otrzymania masy odświeżonej.

OM(Q) – masa odświeżonej masy formierskiej = M(Q1)+ PM(Q)+ UM(Q).

Formowanie.

Czwarty etap polega na wykonaniu elementarnych form górnych i dolnych w ilości n sztuk o masie $Q = OM(Q) - MP(Q)$.

$F(Q)$ – masa n form elementarnych dolnych, gdzie $Q = q_1 \cdot n$,

$F^*(Q)$ – masa n form elementarnych górnych, gdzie $Q = q_2 \cdot n$,

$MP(Q)$ – masa masy przesypowej uzyskanej w cyklu produkcyjnym,

$F(q_1)$ – masa formy elementarnej dolnej,

$F^*(q_2)$ – masa formy elementarnej górnej, gdzie $q_1 = q_2 = 2,5$ jednostki.

Montaż form odlewniczych.

Etap piąty dotyczy montażu form elementarnych w złożone formy odlewnicze $ZF(Q) = F(Q) + F^*(Q)$,

$ZF(Q)$ – masa n złożonych form odlewniczych,

$ZF(q) = F(q_1) + F^*(q_2)$ – masa jednej formy złożonej = sumie mas ($q_1 + q_2$) form elementarnych.

Zalanie form ciekłym metalem.

Szósty etap, zalanie n złożonych form odlewniczych o masie Q , ciekłym metalem o masie G .

$ZF(Q)$ – masa n zalanych form złożonych,

$Met(G)$ – masa ciekłego metalu użytego do zalania n form złożonych.

Wybijanie.

Siódmy etap następuje po czasie zakrzepnięcia ostygnięcia odlewów w formie i polega na oddzieleniu odlewów od formy. W wyniku tej operacji otrzymujemy używane formy $UZF(Q)$ i surowe odlewy o masie $OdlG$. Wybite odlewy są kierowane do oczyszczalni a używane formy kierowane są do procesu przygotowania używanej masy formierskiej.

$UZF(Q)$ – masa n używanych form po wybijeniu,

$Odl(G)$ – masa wybitych odlewów z n form, gdzie $G = g_s \cdot n = 1 \cdot n$.

Przygotowanie używanej masy formierskiej.

Ósmy etap polega na usunięciu części metalowych z masy wybitych form $UZF(Q)$, rozdrobieniu zbrylonej masy, odsianiu większych ziaren masy następnie jej ostudzeniu, ujednorodnieniu i usunięciu zużytej masy $XM(Q)$.

W wyniku tych operacji otrzymuje się masę używaną uzyskaną z wybitych form.

$UM(Q)$ – masa używanej masy formierskiej otrzymanej z form wybitych w rozważanym cyklu produkcyjnym po procesie przygotowania,

$UM(Q) = UZF(Q) - XM(Q)$,

$XM(Q)$ – masa zużytej masy formierskiej otrzymanej w tym cyklu produkcyjnym, przeznaczonej na zwał.

4. NIEZBĘDNE WARUNKI WPROWADZENIA BILANSU

Uaktualnić proces technologiczny wykonywania mas, form i odlewów w aspekcie określenia rzeczywistej masy form elementarnych tj. półform i rdzeni oraz masę form złożonych. Wyznaczyć masę odlewów surowych.

Ustalić proces odświeżania mas poprzez określenie ilości udziału świeżych składników, masy używanej, masy przesypowej i masy zużytej. Prowadzić bieżącą kontrolę wilgotności i temperatury masy używanej i odświeżonej oraz ilość składników mas świeżych.

Ustalić i przestrzegać ilość i jakość składników wsadu metalowego i paliwa do wytapiania metalu wraz z kontrolą rozchodu ciekłego metalu.

Określić masę układu wlewowego dla każdego odlewu.

Generalnie, ważenie wszystkich składników mas formierskich i wsadowych, form elementarnych i złożonych, oraz surowych lub oczyszczonych odlewów jest najważniejszym elementem prawidłowego funkcjonowania bilansu.

Szczegółowy sposób postępowania przy budowie bilansu dla materiałów formierskich i form odlewniczych składa się z następujących kroków:

Obliczyć rzeczywistą lub planowaną roczną i dzienną wydajność odlewni G_o = ton/rok i kg/dz odlewów.

Obliczyć masę surowych odlewów produkowanych w roku = G_s i w jednym dniu.

Określić masę rocznych = G_b i dziennych braków. Przyjęto $G_b = 0,08G_s$.

Określić masę surowego odlewu - $g_s = 1,25g_o$ i masę odlewu bez układu wlewowego- g_o .

Obliczyć lub przyjąć stosunek masy złożonej formy odlewniczej do masy surowego odlewu.

W rozważaniach przyjęto stosunek = 5.

Masa złożonej formy odlewniczej do wykonania odlewu surowego o masie - g_s , wyniesie $ZF(q) = g_s \cdot 5$. Masa n złożonych form wykonanych w jednym cyklu wyniesie $ZF(q.n) = ZF(Q)$ jest zarazem masa odniesienia do bilansowania materiałów formierskich i elementarnych form.

Masa odświeżonej masy formierskiej $OM(Q)$ potrzebnej do wykonania złożonych form odlewniczych $ZF(Q)$ zwiększy się o ilość masy przesypowej $PM(Q) = OM(0,1Q)$ i wyniesie $OM(1,1Q)$. Jest to ilość odświeżonej masy potrzebnej do wykonania form złożonych zabezpieczających realizację planowanej ilości odlewów, gdzie Q jest masą złożonych form odlewniczych.

W rozważaniach, przewidziano skład masy odświeżonej $OM(Q) = UM(Q) + PM(Q) + M(Q1)$, gdzie $UM(Q)$ - masa przygotowanej masy otrzymanej z wybitych form odlewniczych = $UM(Q) = UZF(0,9Q)$, a ilość masy przesypowej $PM(Q) = OM(0,1Q)$. Natomiast masa świeżej masy formierskiej przeznaczonej do procesu odświeżania $M(Q1) = UM(0,1Q)$ o składzie, $M(Q1) = O(0,45Q1) + S(0,1Q1) + D1(0,40Q1) + D2(0,05Q1)$, gdzie, O - osnowa z przygotowanego piasku kwarcowego, S - materiał wiążący (bentonit), $D1$ - woda, $D2$ - pył węglowy, $Q1$ - masa świeżej masy formierskiej.

Postanowiono, że podczas przygotowywania osnowy piaskowej występuje 10% ubytek masy przygotowywanego składnika, to znaczy, że $O(Q1) = O \cdot (1,1Q1)$.

Ustalono, również, że podczas wybijania 10% masy form złożonych stanowi masę zużytą = $XF(0,1Q)$.

Powyższy zestaw zależności pozwala na określenie wszystkich niezbędnych wielkości do zbudowania bilansu. Powiązanie masy materiałów formierskich z masą złożonych form odlewniczych i zalanych form wykonanych podczas jednego cyklu produkcyjnego, umożliwia jednym przyciskiem na klawiaturze komputera zamknąć bilans i otrzymać szeroką informację stanie magazynów składników mas, ilości mas odświeżonych, używanych i zużytych, oraz ilości wykonanych form elementarnych i złożonych, i zalanych form odlewniczych łącznie z ilością i masą wybitych odlewów.

5. OPIS BUDOWY I FUNKCJONOWANIA BILANSU

Przedstawiony przykład bilansu materiałów formierskich, (tablica 1) dotyczy wykonania form o jednej wielkości z jednej masy bentonitowej odświeżanej bez udziału rdzeni, z jednym odlewem w formie wykonywanych w jednym cyklu produkcyjnym. Dla uproszczenia rozważań w bilansie przyjęto, że masa umownego surowego odlewu wynosi 1 a masa złożonej formy odlewniczej dla tego odlewu wynosi 5 jednostek.

Tabela 1. Przykładowy bilans rozchodu materiałów zużytych w dziennej produkcji
Table 1. Example of daily consumption of materials in a casting process

Etap1. Magazyn materiałów formierskich					
	Q10	+ Q21	= Q31	- Q01	= Q41
O1*(Q)	2,475	+ 2,475	= 4,950	- 0,495	= 4,455
S1(Q)	0,5	+ 0,5	= 1,0	- 0,10	= 0,9
D1(Q)	2,0	+ 2,0	= 4,0	- 0,40	= 3,6
D2(Q)	0,25	+ 0,25	= 0,50	- 0,05	= 0,45
Etap2. Magazyn buforowy przygotowanych materiałów formierskich					
O1(Q)	0,45	+ 0,45	= 0,90	- 0,45	= 0,45
S1(Q)	0,10	+ 0,10	= 0,20	- 0,10	= 0,10
D1(Q)	0,40	+ 0,40	= 0,80	- 0,40	= 0,40
D2(Q)	0,05	+ 0,05	= 0,10	- 0,05	= 0,05
M(Q)	10	+ 10	= 20	- 10	= 10
UM(Q)	90	+ 90	= 180	- 90	= 90
PM(Q)	10	+ 10	= 20	- 10	= 10
Etap3. Sporządzanie odświeżonej masy					
OM(Q)	110	+ 110	= 220	- 110	= 110
Etap4. Formowanie					
F(Q)	0	+ 50	= 50	- 45	= 5
n	0	+ 20	= 20	- 18	= 2
F*(Q)	0	+ 50	= 50	- 45	= 5
n	0	+ 20	= 20	- 18	= 2
PM(Q)	0	+ 10	= 10	- 10	= 0
Etap5. Montaż form odlewniczych					
ZF(Q)	0	+ 90	= 90	- 80	= 10
n	0	+ 18	= 18	- 16	= 2
Etap6. Zalewanie form ciekłym metalem					
ZF(Q)+	0	+ 80	= 80	- 70	= 10
n	0	+ 16	= 16	- 14	= 2
Met(G)	0	+ 14	= 14	- 14	= 0
Etap7. Wybijanie					
UZF(Q)	0	+ 70	= 70	- 70	= 0
n	0	+ 14	= 14	- 14	= 0
Odl(Gs)	0	+ 1	= 1	- 1	= 0
n	0	+ 14	= 14	- 14	= 0
Etap8. Przygotowanie używanej masy formierskiej					
UM(Q)	0	+ 63	= 63	- 63	= 0
XM(Q)	0	+ 7	= 7	- 7	= 0

Bilans zbudowany jest z pięciu kolumn opisanych wyrażeniem (1) i odnoszą się do wszystkich materiałów i produktów występujących w procesie wytwarzania. Poziome wiersze w tabl.1 opisują ilość i jakość składników i produktów biorących udział w poszczególnych etapach realizacji procesu.

W bilansie, można wyróżnić trzy obszary obliczeń, pierwszy obejmuje obliczenia danych dla trzech pierwszych etapów wytwarzania; etapu pierwszego magazynowania

materiałów potrzebnych do realizacji procesu w ciągu dwóch tygodni $Q_{31} = Q_{10} + Q_{21}$, oraz pobranie do przygotowania składników o masie $= Q_{01}$, dla produkcji jednodniowej. W ramach drugiego etapu, magazynowania materiałów przygotowanych, w ilościach zabezpieczających dwudniową produkcję o masie $Q_{31} = Q_{10} + Q_{21}$ z tego Q_{10} jest zapasem „nienaruszalnym”.

Trzeci etap dotyczy operacji wykonania odświeżonej masy formierskiej o masie Q_{31} z przeznaczeniem jak w etapie drugim. Naruszenie zapasów o masie Q_{10} jest sygnałem o możliwości utraty ciągłości procesu wytwarzania.

Drugi obszar bilansu obejmuje czwarty, piąty i szósty etap. Czwarty etap - formowanie elementarnych form o masie dziennej produkcji. Piąty etap - montaż tych form w złożone formy odlewnicze i w etapie szóstym, zalewanie form złożonych ciekłym metalem. Jak wynika z tabl.1, ilość wykonanych elementarnych form odpowiada masie przygotowanej masy odświeżonej. Nie musi ona odpowiadać ilości złożonych form odlewniczych. Podobnie, nie wszystkie złożone formy muszą być zalane ciekłym metalem, co jest zaznaczone w bilansie. Jest to najważniejszy obszar bilansu, w nim rzeczywiste dane z produkcji wprowadza się do komputera.

Wprowadzając dane o ilości sztuk i masy form elementarnych i złożonych momentalnie otrzymuje się informacje o stanie magazynów składników, wydajności stacji przerobu mas i formiarni.

W skład trzeciego obszaru bilansu wchodzi etapy zalewania form, wybijania odlewów i oddzielenia zużytej masy, oraz przygotowania używanej masy formierskiej. Dane o Ilości zalanych i wybitych form należy również wprowadzana do komputera, gdyż stanowi podstawę do określenia ilości masy używanej, kierowanej do odświeżania i zużytej masy kierowanej na zwał. Dane o ilości zalanych i wybitych form, informują o ilości zużytego metalu do zalania form, o przebiegu wybijania oraz masę ilość wybitych odlewów.

WNIOSKI

Opracowany i przedstawiony bilans z wspomaganie komputera spełnił postawione przed nim założenia. Głównie umożliwił bilansować wszystkie materiały biorące udział w procesie wytwarzania na poziomie etapu i cyklu.

Wprowadzenie w bilansie układu odniesienia przez określenie wielkości produkcji w cyklu dziennym pozwoliło na ocenę poprawności jej przebiegu.

Do zbierania i przetwarzania informacji o wynikach dziennej produkcji odlewni, potrzebny jest komputer pracujący w sieci lub osobno w biurze kierownika odlewni z czynnym programem pozwalającym na wprowadzanie danych i ich przetwarzanie w ustalonym zakresie.

W pierwszej fazie wdrażania zaproponowanej metody do rozliczania rozchodu materiałów formierskich wystarczy pod koniec każdej zmiany policzyć ilość i masę złożonych form odlewniczych, natomiast dla rozliczenia materiałów wsadowych, ciekłego metalu i wykonanych odlewów wprowadzić masę i ilość sztuk wybitych form.

Wprowadzając dane dotyczące ilości wykonanych form elementarnych, możemy również poszukiwać przyczyn nie złożenia i przygotowania ich do zalania. Mając na uwadze ilość odświeżonej masy formierskiej potrzebnej do wykonania form elementarnych, można wnioskować o wydajności stacji przygotowania mas. Na podstawie otrzymanych wyników możemy, dociekać przyczyn nie zlania wszystkich złożonych form oraz przyczyn nie wybicia form zalanych.

W każdym przypadku, komputer dokona samodzielnie wyliczeń rozchodu materiałów i ilości wykonanych form i odlewów.

Bilans jednego dnia produkcji stanowi część składową bilansu tygodniowego, miesięcznego itd.

Opracowana metoda i program komputerowy bilansowania materiałów może być wykorzystana przy modernizacji i projektowaniu odlewni.

LITERATURA

- [1] I.Dzwonnik: *Bilans materiałów formierskich w procesie wykonania odlewów*. Mat.VI Konf.Technical 2001 s.99-107.
- [2] I.Dzwonnik: *Klasyfikacja materiałów formierskich i form odlewniczych*. Wyd. WSI Zielona Góra 1996. Monografia nr 80 s.90.

METHOD FOR BALANCING OF MOULDING MATERIALS IN CASTING PROCESS

SUMMARY

Method of balancing moulding materials in a casting process has been presented in the paper. The assignment of all used materials in the balance and closing of the balance in every stage of the process are the important features of the elaborated method. The basic element of the balance is daily expenditure of materials, which in turn is the component of weekly and in consequence monthly consumption of materials, etc. The necessary conditions for implementation of the balance in a casting house are also presented.

KRYTERIA KLASYFIKACJI I OCENY ROZWIĄZAŃ URZĄDZEŃ FORMIERSKICH

A. FEDORYSZYN¹

Wydział Odlewnictwa AGH;
30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

STRESZCZENIE

Urządzenia formierskie do wykonywania form z syntetycznej masy z bentonitem stanowią podstawowe wyposażenie zmechanizowanych stanowisk, gniazd i linii. Formy są wykonywane przez dwustopniowe zagęszczenie masy, przy użyciu skrzynek jak i bezskrzynkowo.

W publikacji omówiono ogólne zagadnienia klasyfikacji, w tym kryteria technicznej oceny rozwiązań. Przypomniano klasyfikację urządzeń uwzględniającą rozwiązania konstrukcyjne i zasadę współpracy zespołów..

Zestawiono wybrane parametry techniczne urządzeń stosowanych do wytwarzania form skrzynkowych o różnej wielkości.

Key words: foundry machines, moulding devices, classification and evaluation criteria

1. WPROWADZENIE

Współczesne urządzenia do wykonywania form piaskowych z syntetycznej masy z bentonitem charakteryzują się dwustopniowym zagęszczaniem z końcowym doprasowaniem [3]. Dwustopniowy proces realizowały klasyczne maszyny wstrząsowo-prasujące, powszechnie zastępowane formierkami, w których początkowe (wstępne) zagęszczenie uzyskiwane jest metodą dmuchową, podciśnieniową, strumieniową, wibracyjną oraz zrzucania. Końcowe zagęszczenie nadaje prasowanie w zakresie nacisków średnich i wysokich.

Rozwiązania urządzeń formierskich i ich zespołów zależą od sposobu (techniki) zagęszczania masy, ale również od tego czy są przeznaczone do wyposażenia zmechanizowanych stanowisk, gniazd czy też linii wytwarzania odlewów.

Ogólnym kryterium oceny urządzeń jest średni koszt wytwarzania form, a w konsekwencji odlewów. Na wartość tego kryterium składają się koszty: inwestycyjne zakupu, instalacji i uruchomienia, obsługi, utrzymania ruchu, konserwacji i remontów, zużycia materiałów i nośników energii oraz kosztów oprzyrządowania technologicznego.

Bardziej przydatnymi dla analizy i oceny rozwiązań urządzeń są kryteria techniczne i techniczno-produkcyjne dotyczące: wydajności, jakości zagęszczenia (stopnia i rozkładu), niezawodności, funkcjonalności, stopnia automatyzacji i stopnia rozbudowania (zwartości) [5÷7].

Podstawowe kryterium wydajności wynika z czasu cyklu wytwarzania, na który składają się, sekwencyjnie przebiegające, operacje. Przebieg ich realizacji wynika z rozwiązań zespołów oraz struktury, określającej rozmieszczenie elementów składowych oraz występujące relacje między nimi, charakterystyczne dla danego urządzenia.

¹ dr hab. inż., alfa@uci.agh.edu.pl

2. KLASYFIKACJA URZĄDZEŃ FORMIERSKICH

Urządzenia formierskie do wykonywania form w skrzynkach klasyfikowane są przede wszystkim ze względu na realizowaną technikę zagęszczania masy. Regułą przy tym jest dwustopniowe zagęszczania masy syntetycznej z bentonitem.

Biorąc powyższe pod uwagę urządzenia formierskie podzielono na III klasy, a w ramach klas na grupy [1]. Przyjęto przy tym takie wyróżniki jak: ilość stanowisk (pozycji), rozmieszczenie zespołów roboczych (dozowania, zagęszczania, oddzielania), sposób wymiany płyt modelowych jednego kompletu oraz zamiany płyt modelowych przy zmianie produkowanego asortymentu.

Klasa I obejmuje jednostanowiskowe (jednopozycyjne) urządzenia formierskie. Dozowanie masy, jej wstępne i końcowe zagęszczenie w skrzynce, pozostającej na jednej pozycji roboczej, wymaga przemieszczania zespołów dozownika i głowicy prasującej.

Ze względu na rozmieszczenie zespołów roboczych urządzeń jednopozycyjnych wyróżniono 4 grupy [1].

Z wyróżnionych, możliwych rozwiązań wymienić należy urządzenia, w których zespół dozownika i głowicy prasującej umieszczony jest na jednym wózku lub też na ruchomych, odchylanych kolumnach – urządzenia typu I.1b oraz urządzenia o stacjonarnych (nieruchomych) zespołach - urządzenia typu I.4.

Przykładowym rozwiązaniem urządzeń typu I.1b jest agregat formierski AGF, wstrząsowo-prasujący, produkcji DOZAMET w Nowej Soli, jak również prototypowe urządzenie FMO impulsowo-prasujące AFI 86 [9].

Urządzenia z grupy I.4. charakteryzują się tym, że zespoły dozownika jak i głowicy prasującej są stacjonarne. Takie rozwiązanie jest możliwe tylko przy realizacji metody dmuchowej z doprasowaniem. Otwory dmuchowe (strzałowe) są umieszczone w płycie prasującej. Przedstawicielem tej grupy urządzeń są strzelarko-prasy: F-2 (BKEngineering) [8] oraz SP-4 (TECHNICAL) [9].

W urządzeniach zaliczanych do klasy I wykonywać można na przemian górne i dolne części formy. Płyty modelowe są umieszczone na wózku i przemieszczają się liniowo, poprzecznie w stosunku do linii transportu skrzynek formierskich, tak jak w AGF, lub też stosuje się stoły obrotowe z gniazdami na płyty modelowe, tak jak w strzelarko-prasie F – 2 [9].

Do klas II i III zalicza się urządzenia, w których wykonanie jednej półformy przebiega na dwu i więcej stanowiskach, związanych urządzeniem transportującym płytę modelową po linii prostej lub po okręgu (urządzenia typu czółenkowego lub karuzelowego).

Praktyczne znaczenie mają tylko urządzenia dwustanowiskowe. Przyjęcie większej ilości pozycji roboczych komplikuje strukturę i wymaga stosowania złożonych, a w związku z tym, masywnych konstrukcji.

W urządzeniach klasy II operacje kolejno wykonywane są na dwóch stanowiskach (pozycjach). Osobne, stacjonarne stanowiska robocze dozownika i głowicy prasującej zajmowane są kolejno przez płytę modelową z ustawioną na niej skrzynką i nadstawką.

Do klasy II przypisać można formierkę impulsowo-prasującą AFI 87 (FMO), w której na jednej pozycji umieszczono zespół dozownika, na drugiej natomiast zespoły głowicy impulsowej wraz z płytą prasującą. Pomiedzy pozycjami przemieszczane są liniowo skrzynki, nadstawki oraz płyty modelowe [2].

Do klasy III zalicza się urządzenia o pozycjach j w ilości ≥ 2 , na których realizowane są jednocześnie operacje z użyciem nie mniejszej ilości płyt modelowych. Są to wielopozycyjne urządzenia typu karuzelowego i liniowego.

W ramach III klasy wyróżniono 3 grupy urządzeń ze względu na przebieg operacji podawania skrzynek i odbioru półform. Urządzenia 2. grupy tej klasy (III.2) charakteryzują się tym, że ope-

racje wprowadzania skrzynek i odbioru półform prowadzi się na tej samej pozycji. Operacje te są rozdzielone przebiegiem pozostałych operacji, po realizacji których ma miejsce obrót karuzeli. Przykładowo, korzystając z dwóch płyt kompletu modelowego wykonuje się jednocześnie dolne i górne połowy form na dwóch pozycjach. Tego typu urządzeniem jest formierka FT-65 produkcji TECHNICAL [10,11,13,14].

Urządzenia typu III.2 są najczęściej stosowanym wyposażeniem stanowisk, gniazd i linii odlewniczych (tabela 1) [9,12,15].

3. CHARAKTERYSTYKA PRACY URZĄDZEŃ FORMIERSKICH

Czas realizacji operacji składających się na wykonanie jednej części formy w urządzeniach klasy I wynosi:

$$t_{c(pf)} = t_{tech} + t_{pom} + t_{s_pf} + t_{d_p}$$

Wykonanie kompletnej formy wymaga natomiast czasu:

$$t_c = 2 \times t_{c(pf)} + t_z$$

gdzie: t_{tech} - czas realizacji operacji technologicznych (dozowanie masy, zagęszczanie, oddzielenie),

t_{pom} - czas operacji pomocniczych,

t_{s_pf} - czas operacji ustawienia i blokady skrzynki oraz transportu półform,

t_{d_p} - czas przejazdu wózka z zespołem dozowania i prasowania,

t_z - czas zamiany, ustawienia i mocowania drugiej (z kompletu) płyty modelowej.

Table 1

Wykaz wybranych urządzeń formierskich do wykonywania form (na przemian górnej i dolnej części formy) w skrzynkach [9]

Specification of selected flask moulding devices; the moulds are manufactured in conversion mode: drag, cope, drag and so one [9]

Lp	Typ	Producent	Klasa Grupa	Technika zagęszczania	Sposób zamiany płyt modelowych	Przeznaczenie
1	HSP	HWS	III.2	stumieniowy z doprasowaniem	stół obrotowy	stanowiska
2	HSP-D	HWS	III.2	jw.	jw.	gniazda i linie
3	DAF M-SD	HWS	III.2	jw.	jw.	gniazda i linie
4	EFA-SD	HWS	I.1 b	jw.	jw.	linie
5	APM-A	KÜNKEL-WAGNER	III.2	jw.	jw.	stanowiska i linie
6	FVP	FORMTE C	II	wibracyjny z doprasowaniem	liniowy mech. czółenkowy	stanowiska
7	ASPA	GF DISA	II	dynamiczne	jw.	stanowiska

				prasowanie		i linie
8	F-2	BKEngi- neering	I.4	dmuchowy z doprasowa- aniem	stół obro- towy	stanowiska i linie
9	FTC	FORMTE C	III. 2	impulsowy z doprasowa- aniem	stół obro- towy	stanowiska
10	FT-65	TECHNIC AL	III. 2	impulsowy z doprasowa- aniem	stół obro- towy	stanowiska i linie

Analizując pracę urządzeń 4 grup klasy I stwierdza się, że różnice dotyczą czasu t_{d-p} . Im wyższy jest numer grupy tym krótszy jest czas t_{d-p} . Najbardziej wydajne są zatem urządzenia typu I.4, ponieważ $t_{d-p} = 0$.

W urządzeniach klasy II, w których są wykonywane połówki formy (przy użyciu jednej płyty) na obu pozycjach, czas operacji wyniesie:

$$t_{c(pf)} = t_{tech} + t_{pom} + t_{s-pf} + t_{poz},$$

gdzie t_{poz} oznacza sumaryczny czas przemieszczania jednej płyty modelowej, ze skrzynką i nadstawką, na kolejne pozycje robocze.

W urządzeniach klasy III czas trwania cyklu, przy jednakowym obciążeniu j -tych pozycji, wynosi:

$$t_c = \frac{t_{tech} + t_{pom} + t_{s-pf}}{j} + t_z.$$

Ze względu na brak możliwości synchronizacji pracy i jednakowego obciążenia stanowisk o takcie pracy decyduje najdłuższy czas operacji realizowanej na jednej z pozycji: $t_c = \sum t_{max}^i + t_z$.

Zestawione powyżej formuły są zróżnicowane w zależności od struktury konstrukcyjnej urządzeń formierskich. W opisie cyklu pracy urządzeń I klasy charakterystycznym jest występowanie czasu operacji przemieszczania zespołów dozowania i doprasowania. W urządzeniach II klasy parametry przemieszczania oprzyrządowania na kolejne pozycje. W urządzeniach III klasy istotne jest odpowiednie rozłożenie miejsca realizacji kolejnych operacji na pozycjach roboczych oraz czasu zamiany (transportu) płyt modelowych między tymi stanowiskami.

Jeżeli przyjąć, że udział czasu t_{d-p} w cyklu jednopozycyjnej maszyny wynosi 15÷20%, a t_{poz} w wielopozycyjnych 20÷25%, to przy czasie trwania cyklu $T_c < 20$ s udział tych operacji jest istotny, a skrócenie czasu ich trwania daje znaczne zwiększenie wydajności [1].

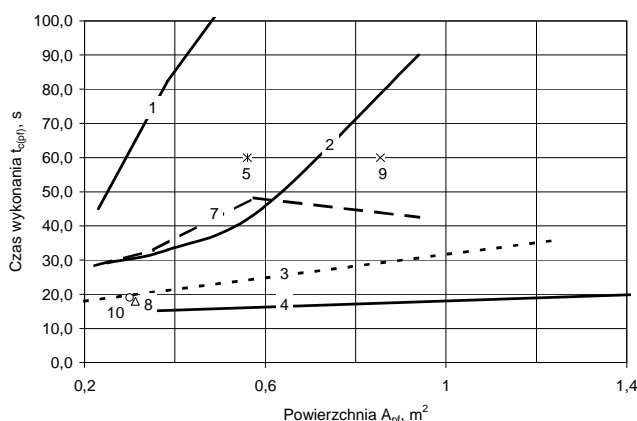
Rozwiązania współczesnych urządzeń formierskich zapewniają głównie skrócenie czasu operacji pomocniczych [1,3]. Czasy trwania operacji technologicznych niewiele uległy skróceniu w porównaniu z zagęszczaniem wstrząsowo-prasującym [4]. Przykładowe wartości czasu trwania operacji technologicznych zamieszczono w tablicy 2 oraz na rysunkach 1 i 2. Oznaczenia urządzeń na rysunkach 1 i 2 odpowiadają liczbom porządkowym zestawienia - tablicy 1.

Table 2

Czas cyklu – $t_{c(pf)}$ w skrzynkowych automatach formierskich
Time of operation cycle- $t_{c(pf)}$ for flask moulding automatic machines

Sposób zagęszczenia masy	Podciśnieniowo-prasujący	Dmuchowo-prasujący	Impulsowo-prasujący	Strumieniowo-prasujący
Powierzchnia skrzynki, objętość półformy:				
- powierzchnia A_{pf}, dm^2	56	31,2	30	48
- objętość V_{pf}, dm^3	168	93,6	45	120
Czasy cyklu /średnie/:				
- $t_{c(pf)}, s$	24	20	19	20
- $t_{zag}/t_{c(pf)}$	0,25	0,25	0,25	0,275

Należy podkreślić, że zestawione wartości wyznaczono w oparciu o podawane przez producentów wydajności; najczęściej są podawane wydajności maksymalne, teoretyczne, ale również wartości przeciętne i uzyskiwane w warunkach przemysłowych [9].



Rys.1. Wartości czasu wykonywania pół-formy w zależności od jej wielkości (powierzchni)

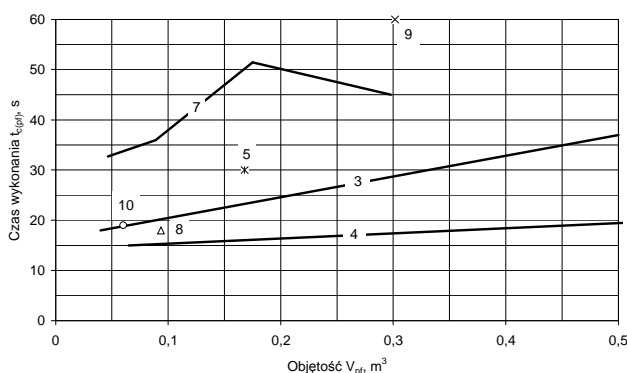


Fig.1. Manufacturing time of half-mould in dependence on its size (plain area)
Rys.2. Wartości czasu wykonywania pół-formy w zależności od jej wielkości (objętości)
Fig.2. Manufacturing time of half-mould in dependence on its size (volume)

PODSUMOWANIE

W liniach odlewniczych obecnie najczęściej występuje tylko jedno urządzenie formierskie wykonujące na przemian górne i dolne pół-formy w skrzynkach.

Upraszcza się przez to układ zmechanizowanego gniazda czy też linii wytwarzania odlewów.

Omówione kryteria klasyfikacyjne i opisy struktur rozwiązań pozwalają ocenić zdolność produkcyjną urządzeń, również pod kątem możliwości łatwego przeprowadzenia zmiany oprzyrządowania modelowego.

Z analizy struktur i parametrów urządzeń formierskich wynika, że krajowa oferta odpowiada w pełni współczesnym tendencjom i wymaganiom. Są to wysokowydajne urządzenia formierskie sterowane automatycznie. Mogą współpracować ze zmechanizowanymi systemami transportowymi.

Urządzenia te spełniają wymagania bezpieczeństwa pracy. Zapewniają uzyskiwanie: dużej dokładności odwzorowania skomplikowanych modeli, wysokiej wartości stopnia zagęszczenia oraz korzystnego jego rozkładu, co sprzyja dokładności wymiarowej form.

Opracowano w ramach pracy nr 10.10.170.138

LITERATURA

- [1] Bielikov O.A.: *Strukturnyj analiz formvocznykh avtomatov dla gibkogo avtomatizirovanogo proizvodstva otlivok*. Litiesnoe Proizvodstvo, nr 5, 2000, s. 29.
- [2] Biedacha R., Przybylski J.: *Rozwiązanie agregatowe ekologicznej formierki impulsowej dla skrzyń o wymiarach 800×700×300 mm*. Krzepnięcie metali i stopów, nr 25. Wydawnictwo Komisji Odlewnictwa PAN O/Katowice. Katowice, Bielsko- Biała, Częstochowa, Opole, 1995, s. 53.
- [3] Dańko J. i in.: *Zebranie danych o światowych tendencjach w zakresie rozwoju technologii odlewniczych z uwzględnieniem problematyki ochrony środowiska. Temat II: Maszyny i Mechanizacja Procesów Odlewniczych, Część II: Maszyny i urządzenia do wytwarzania form i rdzeni odlewniczych. Część III: Struktury i rozwiązania automatycznych linii odlewniczych. Wyposażenie gniazd i linii formierskich. Urządzenia do wybijania odlewów*. Praca naukowo-badawcza AGH nr 19.170.39 w ramach projektu zamawianego KBN nr 23-03, realizowanego przez Instytut Odlewnictwa, Kraków 1995-96.
- [4] Engels G., Klingenstein W., Riege W.: *Stopień wykorzystania urządzeń formierskich*. Przegląd Odlewnictwa, nr. 8-9, 1970, s. 277.
- [5] Fedoryszyn A., Dańko J., Smyksy K., Bodzoń L.: *Podstawowe czynniki oceny technologicznej linii odlewniczych*. Krzepnięcie metali i stopów, nr 41, rocznik 1, Wydawnictwo Komisji Odlewnictwa PAN O/Katowice. Katowice, Bielsko- Biała, Częstochowa, Opole, 1999, s. 42.
- [6] Fedoryszyn A.: *Charakterystyka wydajnościowa urządzeń formierskich gniazd i linii wytwarzania odlewów. Output Characteristic of Moulding Devices, Stands and Casting Lines*. Acta Metallurgica Slovaca, nr 3, 2001, t. 1, s. 155
- [7] Fedoryszyn A.: *Analiza rozwiązań urządzeń formierskich stosowanych w liniach wytwarzania odlewów w skrzynkach*. Archiwum Odlewnictwa, nr. 1 (2/2), rocznik 1. Polska Akademia Nauk O/Katowice Komisja Odlewnictwa. Katowice, 2001, s. 475.
- [8] Kopeć J., Krystkowiak R.: *Nowa formierka do produkcji korpusów silników elektrycznych*. Przegląd Odlewnictwa nr. 5, 1998, s. 171.
- [9] Materiały prospektowe: *ARENCO-BMD, BKEngineering, BMD, DOZAMET, FMO, GEORG FISHER DISA, GEORG FISHER, HEINRICH WAGNER SINTO, KÜNKEL WAGNER, TECHNICAL*.

- [10] Rudy C.: *10 lat produkcji maszyn i urządzeń odlewniczych w TECHNICAL*. Materiały IV Konferencji Odlewniczej. Nowa Sól, 2001, s. 9
- [11] Rudy C., Soliński W.: *Mechanizacja procesu formowania w odlewni*. Materiały III Konferencji Odlewniczej. Nowa Sól, 2000, s. 55
- [12] Schütt K.H.: *Jahresübersicht Mechanisierung der Form- und Kernherstellung (35. Folge)*. Giesserei, t. 86, nr 8, 1999, s. 75.
- [13] Stefanowicz M., Gruber P., Rudy C.: *Formierka dwustanowiskowa impulsowo prasująca FT – 65*. Materiały II Konferencji TECHNICAL'99. Nowa Sól, 1999, s. 31.
- [14] Stefanowicz M.: *Formierka FT-65 produkcji TECHNICAL w Nowej Soli*. Przegląd Odlewnictwa nr. 7-8, 1997, s. 244.
- [15] Tillmanns H.: *GIFA 99 – Formtechnik mit tongebundenen Formstoffen, Formstoffaufbereitung und regenerierung*. Giesserei, t. 86, nr 11, 1999, s. 23.

CLASSIFICATION AND EVALUATION CRITERIA OF MOULDING DEVICES DESIGN

Abstract

Moulding devices for green sand moulds are basic equipment of stands, centres and moulding lines. In these devices the compaction has usually realised in two- step mode, both in flask or flaskless moulding. In the article general problem connected with such devices including criteria of their technical evaluation have been presented. Author has mentioned the classification of moulding devices related to construction design and main mechanical system cooperation. Some representatives of certain groups of moulding devices especially home production have been described. The characteristics of selected technical parameters in dependence on moulds size have been also given.

ZUŻYCIE EKONOMICZNE MASZYN I INWESTYCJE MODERNIZACYJNE

R. WRONA¹
Wydział Odlewnictwa AGH,
ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

Artykuł stanowi kontynuację rozważań nad procesem starzenia się odlewni pod względem zużycia fizycznego i ekonomicznego. Analizie poddano kryteria umożliwiające ocenę decyzji inwestycyjnych, których celem jest szeroko pojęta modernizacja. W wyniku modernizacji zwiększa się wartość użyteczna odlewni.

Key words: modernization investments

1. ZAMIAST WPROWADZENIA

W miarę upływu czasu zmieniają się technologie, powstają nowe maszyny i urządzenia, natomiast istniejące zakłady zmuszone są pracować na poziomie technicznym z okresu ich projektowania i budowy. Można więc przyjąć, że poziom techniczny i ekonomiczny w każdym zakładzie ulega zmianie w wyniku postępującego procesu starzenia. Dlatego, po pewnym czasie eksploatacji staje się konieczna interwencja inwestycyjna, mająca na celu unowocześnienie zakładu. W związku z tym rodzą się dwa zasadnicze problemy:

- pierwszy dotyczy ustalenia chwili czasowej, w której interwencja inwestycyjna powinna nastąpić,
- drugi dotyczy określenia optymalnego zakresu tej inwestycji.

Z metodycznego punktu widzenia przedmiotem badań powinien być proces operacyjny obejmujący:

- programowanie eksploatacji urządzeń; polega to na rozpoznaniu warunków w jakich urządzenia pracują oraz okoliczności towarzyszących wprowadzeniu do eksploatacji nowych maszyn i urządzeń wraz z kosztami wdrażania,
- przygotowanie eksploatacji; polega na organizowaniu procesu produkcyjnego z równoczesną działalnością inwestycyjną o charakterze uzupełniającym,
- kontynuację eksploatacji; polega na racjonalnym wykorzystaniu maszyn i zespołów technologicznych zgodnie z ich przeznaczeniem,
- ocenę eksploatacji; polega na badaniu efektywności działania maszyn, urządzeń i systemów ich eksploatacji w procesie technologiczno-produkcyjnym.

W całym tym złożonym procesie główną uwagę należy zwrócić na funkcję czasu, w którym dokonują się zmiany spowodowane zużyciem fizycznym i ekonomicznym. Każdy element o losowej długości życia, wchodzi w skład systemu złożonego z przedmiotów i ludzi, który także jest częścią pewnego otoczenia. Należy więc dostrzec pewien zespół działań i reakcji zachodzących między elementami, systemem i otoczeniem. W konsekwencji dąży się do kształtowania prognozy wartości danego elementu i ustalenia progu użyteczności do dalszej eksploatacji.

¹ prof. dr hab. inż., rwrona@agh.edu.pl

2. CHARAKTERYSTYCZNE CECHY ZUŻYCIA EKONOMICZNEGO

Miarą zużycia ekonomicznego jest postęp techniczny w budowie maszyn, rozwój badań naukowych, technologii itp.. Podobnie jak przy zużyciu fizycznym również przy zużyciu ekonomicznym następuje obniżenie się „wartości” maszyn, urządzeń i zespołów technologicznych. W sytuacji gdy na rynku pojawiają się urządzenia konkurencyjne, nowoczesne i mające niższe koszty produkcji, oddziaływanie ich na urządzenia stare może mieć następującą postać:

- spadek cen sprzedaży wyprodukowanych wyrobów – odlewów,
- wzrost zdolności produkcyjnej,
- wynikającą stąd utratę wartości urządzenia niezależnie od zjawiska zużycia fizycznego,
- zmiana warunków pracy.

Wymienione elementy powinny wchodzić w program przewidywań (prognozy wewnętrznych i zewnętrznych warunków rozwoju) zakładu – odlewni. [4]

Właściwości użytkowe – wartość, każdego elementu można określić za pomocą mierzalnych parametrów zmieniających się w czasie, mających odwzorowania:

- niezawodności funkcjonalnej,
- niezawodności technologicznej,
- efektywności ekonomicznej.

Pozycje te mogą być również przyjęte jako kryteria działania urządzeń elementów składowych oraz działania odlewni.

Niezawodność funkcjonalną określa się jako stopień dopasowania możliwości (urządzenia, odlewni) do potrzeb ujętych zadaniem produkcyjnym.

Niezawodność tę można zapisać następująco:

$$R_F = P\{M_Z > m_Z\} \quad (1)$$

gdzie:

m_Z – wymagana zdolność pełnienia funkcji przez dany element,

M_Z – faktyczna zdolność pełnienia funkcji, która zależy od stanu technicznego, poziomu organizacji pracy, sprawności kierowania, rytmiczności, itp.

Niezawodność technologiczną można określić pośrednio przez czas, w którym element jest zdolny technicznie do pełnienia założonych funkcji. Wówczas

$$R_T(t_u, t_0) = P\{T_u > t_u; T_0 \leq t_0\} \quad (2)$$

gdzie:

t_u – wymagany czas zdolności technicznej danego elementu do pełnienia funkcji,

t_0 – dopuszczalny czas obsługiwanego elementu,

T_u – rzeczywisty czas zdolności elementu do pełnienia funkcji,

T_0 – rzeczywisty czas obsługiwanego elementu.

Zdolność pełnienia funkcji M_Z zależy między innymi od współczynnika gotowości technicznej elementu w przedziale czasu $(0, t)$, którego wartość określa zależność:

$$K_g(t) = \frac{T_u}{T_u + T_0} \quad (3)$$

Pod względem oceny przydatności danego elementu lub całego systemu technologicznego do realizacji określonego planem zadania produkcyjnego, najważniejsze są dwie wielkości:

- rzeczywista wydajność urządzenia lub zdolność produkcyjna w przypadku zespołu urządzeń,
- całkowity koszt poniesiony na osiągnięcie rzeczywistej wydajności; koszty uwzględniają wszystkie nakłady poniesione na utrzymanie produkcji na danym urządzeniu lub stanowisku, w tym także koszt materiałów.

3. INWESTYCJE A KRYTERIA WYBORU

Zużywanie się i starzenie urządzeń powodują, że zakłady zmuszone są do ich odnawiania, jeśli chcą utrzymać swoją zdolność produkcyjną, a w konsekwencji pozycję na rynku. Prowadzi to do modernizacji czyli do inwestycji na odnowienie. W przypadku gdy celem jest zwiększenie zdolności produkcyjnej i znaczenia na rynku, wtedy inwestycje mają charakter rozwojowy. W rzeczywistości realizowane są oba rodzaje inwestycji jednocześnie.

Panuje powszechna opinia, że inwestycje:

- często mają **strukturę dyskretną**
- przy podejmowaniu decyzji stosowana jest powszechnie zasada **opłacalności ekonomicznej**. Oznacza to, że wybierane jest urządzenie np. o większej jednostkowej zdolności produkcyjnej.

Problem decyzji inwestycyjnych jest złożony i wymaga wszechstronnego uzasadnienia. Trudność polega na zdefiniowaniu takiej miary oceny, aby wieloznaczny termin jakości inwestycji ujmował kryteria techniczne i ekonomiczne. Ogólnie można stwierdzić, że jakość wyrażona jest poprzez [1]:

- zysk, jaki przynosi dana inwestycja,
- czas, w jakim następuje zwrot poniesionych kosztów,
- korzyści dla zainteresowanego zespołu wdrażającego inwestycję,
- rentowność programu inwestycyjnego.

Dlatego korzysta się z wielu kryteriów o różnej wadze, a nawet wzajemnie sprzecznych. Do najczęściej używanych kryteriów zalicza się:

- kryterium zysku zdyskontowanego, określające ogólną sumę wpływów podczas eksploatacji,
- kryterium stopy rentowności, które charakteryzuje wydajność zainwestowanego kapitału,
- kryterium czasu zwrotu nakładów określające czas, w jakim zwracają się zainwestowane kapitały,
- ryzyko niepewności; dotyczy popytu, cen sprzedaży, przyszłej sytuacji ekonomicznej w branży, itp.

Podane kryteria z powodzeniem mogą być stosowane w odniesieniu do przyszłości pewnej i przyszłości niepewnej.

4. ANALIZA KRYTERIÓW

Kryterium maksymalnego zysku zdyskontowanego

Zysk za okres (t_1, t_2) zdyskontowany względem stopy i na chwilę t_0 określa zależność [2]:

$$B_{t_0} = \sum_{t=t_1}^{t_n} \frac{Q(t)}{(1+i)^{t-t_0}} \quad (4)$$

w której:

$Q(t)$ – suma algebraiczna (wydatki lub dochody) przypadające na rok t ($t=t_1, t_1+1, \dots, t_n$)

Zależność ta umożliwia porównać np. dwa programy inwestycyjne prowadzące do tej samej sytuacji końcowej w roku T, poprzez odpowiadające im zyski zdyskontowane.

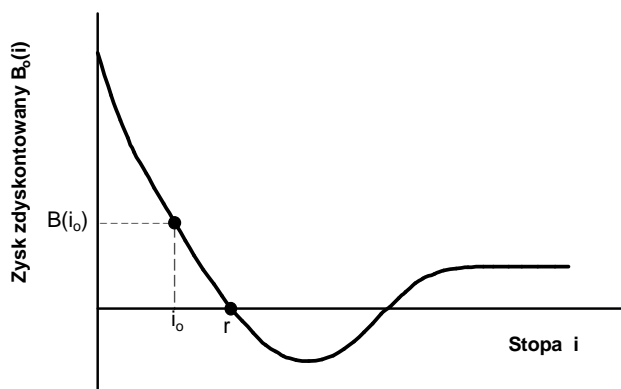
Warto zwrócić uwagę na tzw. addytywność zysku, co oznacza, że zysk odnoszący się do n inwestycji jest równy sumie odpowiadających im zysków zdyskontowanych.

Kryterium maksymalnej stopy rentowności

Z definicji, stopę rentowności danej inwestycji w okresie $(t_0 - T)$ nazywa się stopą dyskontową przy której zysk zdyskontowany jest równy zero. Analitycznie podaje to zależność:

$$B_0(r) = \sum_{t=1}^r \frac{Q(t)}{(1+r)^t} = 0 \quad (5)$$

Z matematycznego rozważania stopa rentowności będąca rozwiązaniem równania (5) jest pierwiastkiem wielomianu stopnia T. Oznacza to, że krzywa $B_0(r)$ może mieć wiele punktów odpowiadających zerowym wartościom zysku zdyskontowanego (rys.1).



Rys. 1. Zależność zysku zdyskontowanego od stopy i

Fig. 1. The dependence of the discounted profit on the rate i

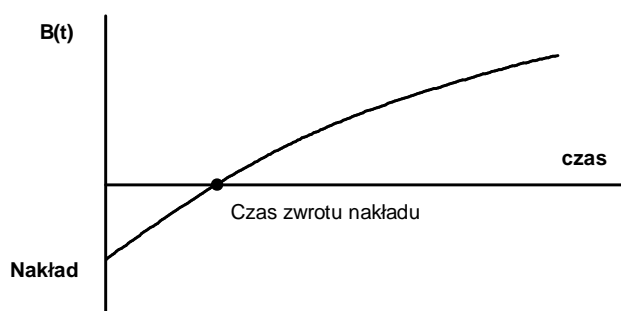
Z rysunku wynika, że miejsca zerowe uzależnione są od zmiany znaku współczynnika przy r^t . Dla celów ekonomicznych przyjmuje się pierwszy pierwiastek równania $B(i)=0$, gdyż pozostałe nie mają jasnej interpretacji fizycznej.

Wprowadzenie inwestycji w danym zakładzie może mieć następujące skutki: jeżeli istniejąca rentowność przed modernizacją (inwestycją) wynosi r_0 , to w przypadku gdy $r < r_0$ oznacza, że inwestycja osłabia ogólną rentowność, $r > r_0$ oznacza, że program inwestycyjny poprawia tę rentowność.

Wniosek wynikający z nawet bardzo pobieżnych rozważań wskazuje, że spośród możliwych programów inwestycyjnych, najbardziej właściwym jest ten, który zapewnia najwyższą stopę rentowności.

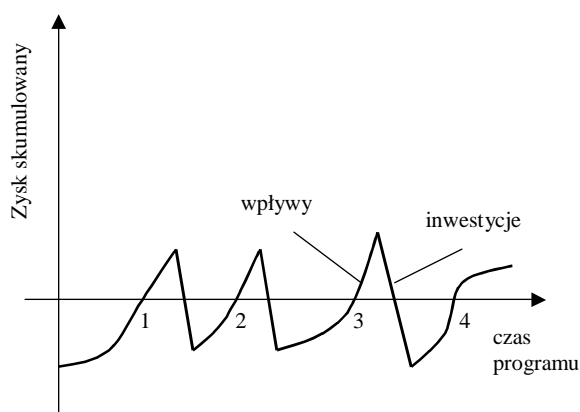
Kryterium minimalnego czasu zwrotu nakładów

Jest to czas potrzebny na zwrócenie się zaangażowanych kapitałów. W przypadku, gdy początkowy nakład jest duży i jednorazowy (skumulowany), kształtowanie się czasu zwrotu ma przebieg przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Funkcja czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych
Fig. 2. The function of the investment expenses refund time

Bardzo często nakłady są rozłożone w czasie stąd zysk skumulowany także jest rozłożony (rys.3). Stąd jednoznaczne określenie czasu zwrotu nakładów całego programu jest utrudnione.



Rys. 3. Rzeczywiste kształtowanie się okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych
Fig. 3. The actual forming of the investment expenses refund period

Spośród rozważanych programów inwestycyjnych wybiera się ten, który zapewnia krótszy czas zwrotu nakładów. Wymienione kryteria z powodzeniem można stosować w przypadku przyszłości pewnej.

Przyszłość często jest kształtowana z pewnym prawdopodobieństwem zależnym od zjawiska popytu, zmian cen, sytuacji rynkowej itp. Stąd przepływy kapitałowe powinny być uważane za zmienne losowe lub nawet dyskretne. Wtedy operuje się kryterium wartości oczekiwanej oraz spodziewanej stopy rentowności.

Kryterium wartości końcowej inwestycji

W rozważaniach inwestycyjnych, oprócz wymienionych kryteriów powinno się uwzględnić formy finansowania programu. Takie sytuacje są utożsamiane z dążeniem do zajęcia przez przedsiębiorstwo określonej pozycji na rynku. Celem jest więc dysponowanie w określonej chwili T (horyzont ekonomiczny) parkiem maszynowym o dużej wartości potencjalnej, mierzonej sumą zysków z eksploatacji.

Analityczne rozważanie jest następujące:

- inwestycja I jest w części finansowana ze środków własnych w okresie t , a w części, w okresie $1-t$ z pożyczek na n lat.
- czas jej eksploatacji jest równy v , przy założeniu $v \geq n \geq T$

- wartość końcowa inwestycji w roku „ t_i ” jest równa różnicy między sumą zdyskontowanych dochodów i sumą zdyskontowanych wydatków.

Tak więc dla roku k :

- dochody będą równe; R_k , jeżeli $k < t_i + v$ oraz 0 jeżeli $k \geq t_i + v$. W wypadku zera oznacza to, że po okresie $t_i + v$ urządzenia są już nie do użytku i nie wnoszą żadnego dochodu.
- wydatki D_k są równe:
 - stawka spłaty pożyczki $\frac{J(1-t)}{n}$
 - koszty finansowe f_k
 - koszty konserwacji, obsługi, surowców,
 - podatki.

Wartość końcowa inwestycji przyjmuje postać:

$$VI = \sum_{k=T}^{t_i+v} \frac{R_k - D_k}{(1+i)^k} \quad (6)$$

Kryterium VI polega na znalezieniu programu inwestycyjnego, który maksymalizuje sumę wartości końcowych odpowiadających planowym inwestycjom.

5. PODSUMOWANIE

Aktualny stan odlewni wymaga radykalnej interwencji inwestycyjnej w postaci modernizacji czy szeroko pojętej rekonstrukcji. Z tych względów niniejsze opracowanie jest próbą analizy zmian stanu urządzeń i zakładów dokonujących się poprzez starzenie fizyczne i ekonomiczne. Zużywanie się i starzenie powodują konieczność odnawiania głównie drogą nakładów.

Podane kryteria; maksymalny zysk zdyskontowany, maksymalna stopa rentowności, minimalny czas zwrotu nakładów są kryteriami umożliwiającymi podjęcie racjonalnych decyzji inwestycyjnych. Dodatkowo przytoczone kryterium końcowej wartości inwestycji uwzględnia także sposób finansowania. Artykuł jest adresowany do kadry inżynierskiej, która problemy modernizacji odlewni powinna traktować priorytetowo.

LITERATURA

- [1] W. Behrens: *Poradnik przygotowania przemysłowych studiów feasibility* UNIDO, Warszawa(1993)
- [2] J. M. Dethoor: *Trwałość urządzeń technicznych*. WNT, Warszawa(1968)
- [3] W. Krawczyk: *Budżetowanie działalności przedsiębiorstw*. Wyd. Zarządzania AGH, Kraków(2001)
- [4] R. Wrona i zespół: *Opracowanie metodyki prognozowania w procesie rekonstrukcji odlewni*. Praca statutowa nr 11.11.70.109, Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków (2000)

ECONOMIC EXHAUSTION OF APPLIANCES AND MODERNIZATION INVESTMENTS

SUMMARY

The article is a continuation of the deliberation regarding the process of foundries' ageing considering physical and economic exhaustion. Criteria enabling the estimation of investment decisions, which aim is broadly understood modernization, were analyzed. The modernization results in an increase of utilitarian value of the foundry.

Artykuł opracowano z wykorzystaniem pracy statutowej nr 11.11.170.109

BADANIE I ANALIZA WYBRANYCH WSPÓŁCZESNYCH METOD FORMOWANIA

K. SMYKSY¹, K. MAKOHONENKO², M. ŚLAZYK³, M. SZABLOWSKI⁴
^{1,3,4} Wydział Odlewnictwa AGH, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków
² PPP TECHNICAL, ul. Zielonogórska 1A, 67-100 Nowa Sól

STRESZCZENIE

Producenci oferują maszyny formierskie pracujące w oparciu o różne metody zagęszczania. Obecnie stosowane jest zwykle zagęszczanie dwustopniowe. Pierwszym stopniem może być zagęszczanie strumieniowe, podciśnieniowe lub grawitacyjne. Drugi stopień jest realizowany przez prasowanie; przykładowo głowicą wielotłokową, przeponą czy płaską płytą. Każda z metod formowania posiada swoje cechy charakterystyczne i odrębności. W artykule przedstawiono wyniki własnych badań i analiz wybranych metod formowania. Badania obejmowały metodę podciśnieniową z doprasowaniem oraz grawitacyjną z doprasowaniem. Jako poziom odniesienia dla osiągniętych w badaniach rezultatów przyjęto wybrane rezultaty szeroko obecnie stosowanego formowania impulsowego. W artykule omówiono również w zarysie maszyny formierskie realizujące badane procesy formowania.

Key words: moulding methods, moulding machines, comparison of compaction results

1. WSTĘP

Różnorodność oferowanych maszyn formierskich jest bardzo duża. W większości rozwiązań realizowane jest zagęszczanie wieloetapowe- z wykorzystaniem doprasowania w ostatniej fazie formowania. Nowoczesne maszyny umożliwiają też wybór wariantu realizowanego procesu w zależności od ukształtowania modeli oraz dobór optymalnych parametrów maszyny. Wykorzystanie danych charakteryzujących efekty zagęszczania, przedstawianych w materiałach ofertowych firm do oceny porównawczej maszyn jest jednak bardzo utrudnione. Wpływa na to sposób przedstawiania wyników, różnorodna metodyka pomiarowa, nieprecyzyjnie określone warunki testów. Prowadzenie badań procesów formowania przez zespoły nie związane z producentami maszyn pozwala na bardziej obiektywną ich ocenę. Poznanie cech charakterystycznych różnych metod formowania i zachodzących podczas ich realizacji zjawisk może być również inspiracją dla konstruktorów maszyn i służyć ulepszaniu istniejących rozwiązań. Może także sprzyjać lepszemu wyeksponowaniu pozytywnych cech własnych maszyn.

W ostatnich latach kontakty firmy TECHNICAL w Nowej Soli z ośrodkami naukowymi: Instytutem Odlewnictwa w Krakowie oraz Wydziałem Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej uległy znacznemu rozszerzeniu. Dotyczy to również problematyki związanej z maszynami formierskimi. Między innymi w trakcie cyklicznych konferencji organizowanych przez firmę TECHNICAL wymieniane są doświadczenia w zakresie realizacji procesów formowania oraz konstrukcji i parametrów technicznych formierek. Efektem prowadzonych dyskusji i konsultacji jest również podejmowanie tematyki badawczej interesującej dla obu stron. Dodatkową zaletą tych działań jest możliwość prowadzenia powyższych prac w ramach

¹ dr inż., ksmysy@agh.edu.pl

² inż., formierki@technical.com.pl

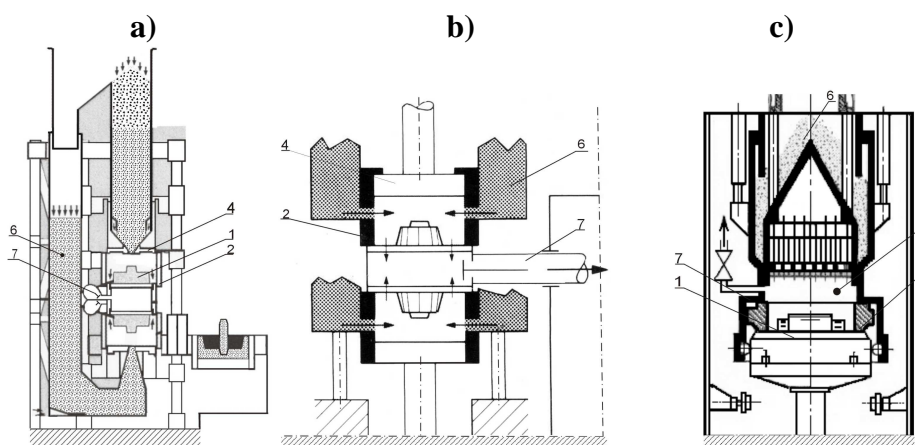
³ mgr inż., mslazyk@agh.edu.pl

⁴ mgr inż.,

procesu dydaktycznego (np. podczas realizacji prac dyplomowych). Dzięki omawianej współpracy możliwe jest lepsze ukierunkowanie prowadzonych w Katedrze Mechanizacji, Automatykacji i Projektowania Odlewni AGH badań na aspekty praktyczne oraz uzyskanie opinii o otrzymanych rezultatach doświadczonych konstruktorów maszyn. Niniejsza publikacja jest efektem omawianej współpracy. Analizie poddano różne warianty dwóch metod formowania: podciśnieniowej z doprasowaniem oraz grawitacyjnej z doprasowaniem. Otrzymane wyniki badań porównano z danymi źródłowymi oraz z wybranymi efektami zagęszczania uzyskanymi metodą impulsową.

2. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANYCH METOD FORMOWANIA

Formowanie podciśnieniowe. Wykorzystanie obniżonego ciśnienia w przestrzeni technologicznej w celu uzyskania zagęszczenia wstępnego lub poprawy efektów zagęszczania prasowaniem jest znane od dawna [1]. Metoda wykorzystywana jest zarówno w obszarze formowania bezskrzynkowego jak i skrzynkowego. Na rysunku 1 przedstawiono wybrane rozwiązania maszyn wykorzystujących omawiany proces jako wstępny etap zagęszczania. Można stwierdzić, że w prezentowanych przykładach proces podciśnieniowy występuje jako swoista odmiana procesu dmuchowego- wywołany połączeniem przestrzeni technologicznej z instalacją próżniową. Gradient ciśnienia i związany z nim przepływ powietrza powoduje transport masy formierskiej z jej zasobnika do komory formowania. Wartość ciśnienia absolutnego w przestrzeni technologicznej wynosi średnio 20 kPa [2]. Według innych źródeł: 40 do 60 kPa [1]. Z technicznego punktu widzenia są to wartości stosunkowo łatwe do osiągnięcia. Ze względu na stosunkowo niskie wartości gradientu ciśnienia na warstwach masy (efektywny gradient jest niższy od 100 kPa) w metodzie tej nie można oczekiwać wysokich efektów zagęszczania wstępnego. Ostateczne zagęszczenie realizowane jest przez prasowanie w różnych wariantach (głowica wielotłokowa, przepona z wypełnieniem).

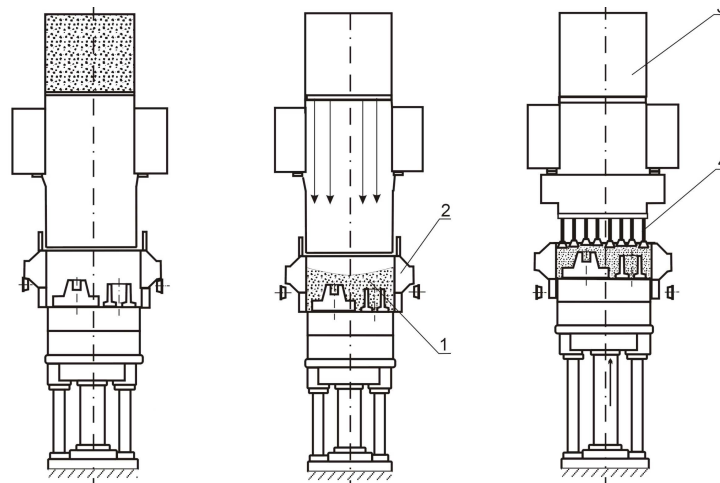


Rys. 1. Schematy maszyn formierskich, w których zastosowano formowanie podciśnieniowe z doprasowaniem [7]: a) Disa Forma (formowanie bezskrzynkowe), b) Haflinger; (formowanie bezskrzynkowe), c) Vacupress - Kuenkel-Wagner (formowanie skrzynkowe); 1- płyta modelowa, 2- przestrzeń technologiczna, 3- skrzynia formierska, 4- płyta prasująca, 5- głowica wielotłokowa, 6- zasobnik masy formierskiej

Fig. 1. Schemes of moulding machines using suction pre-compaction and squeezing [7]: a) Disa Forma (flaskless moulding), b) Haflinger; (flaskless moulding), c) Vacupress - Kuenkel-Wagner (flask moulding); 1- pattern plate, 2- moulding chamber, 3- moulding flask, 4- squeezing plate, 5- multi-pistons head, 6- moulding sand receiver.

Podkreśla się [2,7] otrzymywanie równomiernego i wysokiego zagęszczenia także w przypadku trudnych technologicznie modeli, dobre odwzorowanie ich konturów, małe zużycie modeli oraz sozologiczne zalety tej metody formowania: niski poziom emisji hałasu – poniżej 85 dB (A), małe zapylenie. Przedstawione w publikacji [3] rezultaty formowania tą metodą to zakres twardości od 55 do nawet 99 jednostek na ściankach pionowych formy oraz od 70 do 95 jednostek na ściankach poziomych – zależnie od miejsca dokonywania pomiaru (stosowano płytę z modelami, o zróżnicowanym stopniu trudności ze względu na formowanie). Biorąc pod uwagę nakłady energetyczne związane z pracą instalacji podciśnieniowej oraz stosunkowo duże objętości opróżnianych z powietrza przestrzeni można spodziewać się w powyższych układach znaczących nakładów energetycznych (w stosunku do osiągniętych efektów zagęszczania wstępnego). Podobnie jak w innych metodach formowania strumieniowego wymagana jest szczelność przestrzeni technologicznej. Proces podciśnieniowy może być wykorzystywany do wspomagania zagęszczania metodami dmuchowymi w przypadku trudnych technologicznie modeli (automaty do formowania bezskrzynkowego DISA). Firma Kuenkel Wagner oferowała również maszyny – Variopress, w których zastosowano zarówno proces podciśnieniowy jak i strumieniowe zagęszczanie nadciśnieniowe oraz doprasowanie. Obecnie firma stosuje jednak w maszynach metodę formowania strumieniowego (nadciśnieniowego) z doprasowaniem.

Formowanie grawitacyjne. Proces zagęszczania grawitacyjnego zachodzi w większości rozwiązań maszyn formierskich ze względu na usytuowanie zasobników masy nad formierkami. Jednak, aby osiągnąć wyraźny efekt zagęszczania grawitacyjnego wysokość zrzucania powinna znajdować się w przedziale 2 do 3m [4]. Maszynę formierską, w której zastosowano zagęszczania grawitacyjne z następnym doprasowaniem przedstawia rysunek 2.

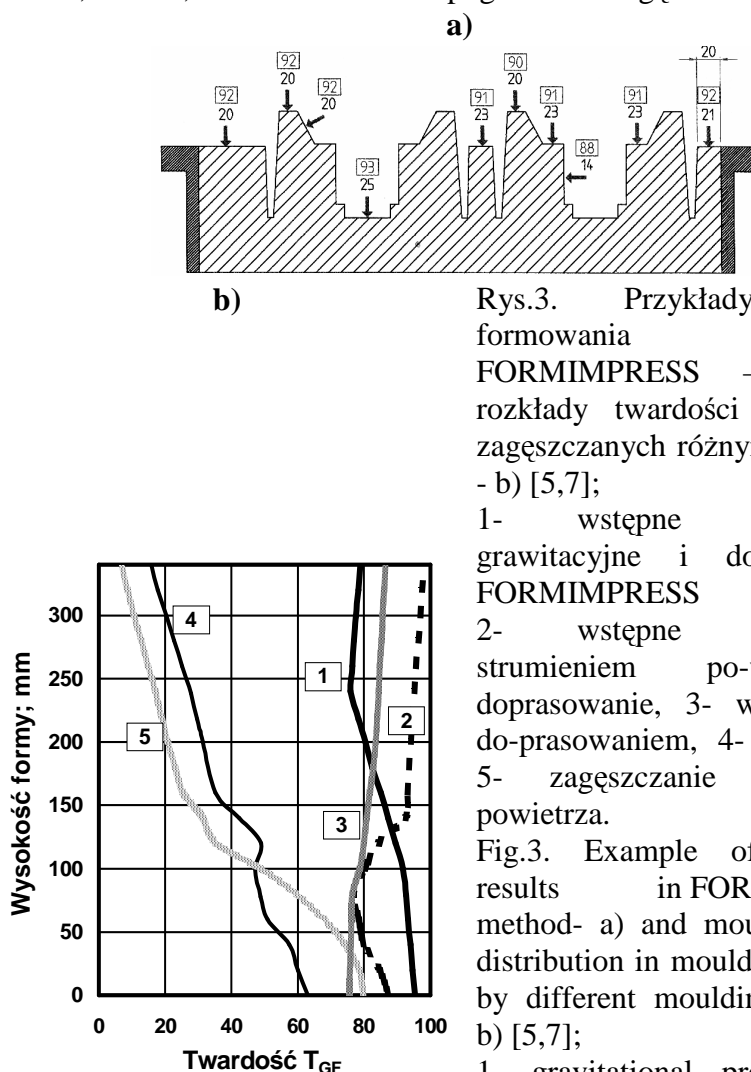


Rys. 2. Wybrane fazy działania maszyny FORMIMPRESS (Savelli) [5]– grawitacyjne zagęszczenie wstępne z następnym dolnym doprasowaniem; 1- płyta modelowa, 2- skrzynia formierska, 3- zasobnik masy formierskiej, 4- głowica wielotłokowa

Fig. 2. Selected phases of operation of machine – FORMIMPRESS, (Savelli)[5] – gravitational pre-compaction and next bottom squeezing; 1- pattern plate, 2- moulding flask, 3- moulding sand receiver, 4- multi-piston head.

Przedstawione w publikacji [4] wyniki badań powyższego procesu, poza wysokością zrzucania, uzależniają jego efekty od masy pakietu, jego gęstości początkowej, funkcjonowania otwarcia zasobnika oraz konstrukcji szybu prowadzącego pakiet. Zaleca się [4] stosowanie odpowietrzeń płyty modelowej i szczelin pomiędzy krawędzią szybu i napełnianej skrzynki. W powyższych badaniach osiągnęto gęstości form na poziomie płyty modelowej z przedziału 1,5 do 1,6 g/cm³ wartości nieco ponad 1,6 g/cm³ osiągnęto w przypadku pakietów o bardzo dużej masie. Przy masach pakietu odpowiadających zwykle występującym stosunkom wysokości do

długości (szerokości) skrzynek gęstość pozorna wyższych położonych warstw formy bardzo szybko maleje. Konieczne jest ich doprasowanie. Przy wnekach modeli o stosunku wysokości do szerokości od 1,24 do 1,4 nie obserwowano pogorszenia zagęszczenia [4].



Rys.3. Przykłady efektów formowania metodą FORMIMPRESS – a) oraz rozkłady twardości w formach zagęszczanych różnymi metodami - b) [5,7];

1- wstępne zagęszczanie grawitacyjne i do-prasowanie, FORMIMPRESS (Savelli), 2- wstępne zagęszczanie strumieniem po-wietrza i doprasowanie, 3- wstrząsanie z do-prasowaniem, 4- wstrząsanie, 5- zagęszczanie strumieniem powietrza.

Fig.3. Example of moulding results in FORMIMPRESS method- a) and mould hardness distribution in moulds compacted by different moulding methods- b) [5,7];

1- gravitational pre-compaction and squeezing, FORMIMPRESS (Savelli) 2- air flow and squeezing, 3-jolting and squeezing, 4- jolting, 5- airflow pre-compaction.

Rysunek 3 przedstawia efekty formowania osiągnęte metodą formowania grawitacyjnego z doprasowaniem na maszynach FORMIMPRESS firmy Savelli (rys.2).

Zdaniem autorów efekty formowania w tej metodzie należy wiązać nie tyle z bezwzględną wartością masy pakietu, co z jego jednostkową energią kinetyczną. Średnią prędkość pakietu - v można wyliczyć z bilansu energii. Otrzymuje się wzór (1), do którego wprowadzono zmniejszający współczynnik korekcyjny- k .

$$v = k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_z} \quad (1)$$

w którym: h_z - wysokość zrzucania, g - przyspieszenie ziemskie.

Współczynnik korekcyjny – k uwzględnia opory ruchu pakietu (tarcie, opór powietrza).

Według danych z pracy [4] wartość współczynnika k , przy szybkim otwarciu zamknięcia zasobnika oraz odpowiednim odpowietrzeniu przestrzeni technologicznej, wynosi 0,96.

Podkreśla się cichą pracę maszyn realizujących formowanie grawitacyjne z doprasowaniem, jak również małą energochłonność procesu zgęszczania [5,7].

3. BADANIA ORAZ DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzenie badań omówionych powyżej procesów wymagało wykonania odpowiednich stanowisk badawczych oraz oprzyrządowania [11,12]. W badaniach wykorzystywano syntetyczną masę z bentonitem oraz pyłem węglowym, przeznaczoną dla odlewów żeliwnych. Średnie podstawowe właściwości powyższej masy to:

$$R_c^w = 0,12 \text{ MPa}, \quad P^w = 2,04 \text{ m}^2/\text{MPa s}, \quad W=3,2 \%$$

W badaniach starano się stabilizować wilgotność masy formierskiej w celu zachowania powtarzalności wyników. Pomiarzy twardości oraz wytrzymałości form dokonywano twardościomierzami typu A, C (ZD IO Kraków) oraz przyrządem PVP (Georg Fisher).

Tabela 1. Charakterystyka stosowanych w badaniach modeli.

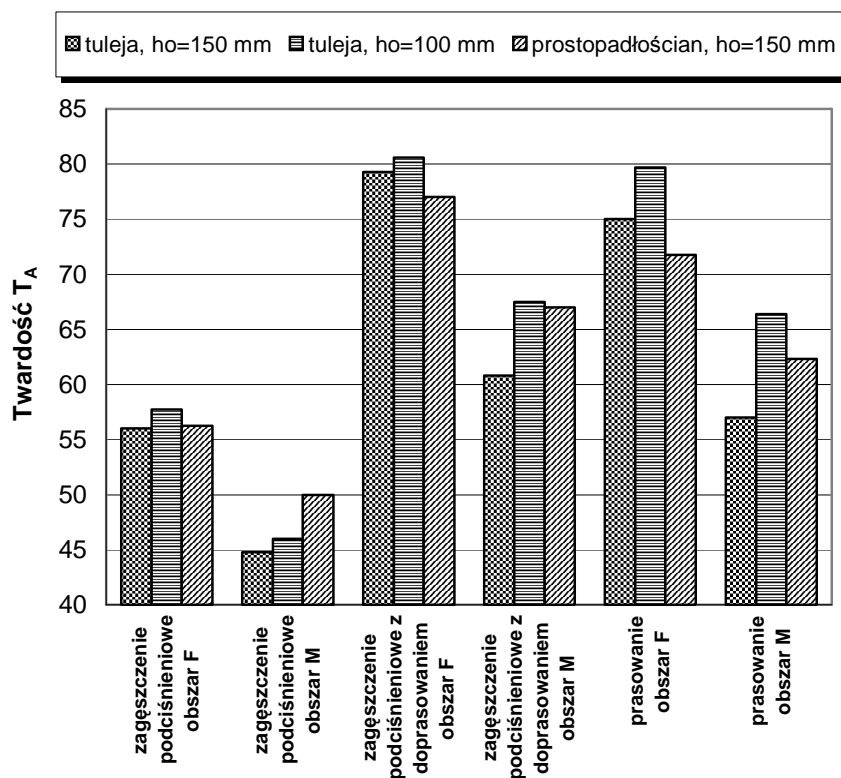
Table 1. Characteristics of patterns used in tests.

Ty P	Tuleja wysoka H= 150mm $\Phi_{\text{dolne zew.}} = 71$ mm $\Phi_{\text{dolne wew.}}$ = 45 mm $\Phi_{\text{górne zew.}} = 66$ mm $\Phi_{\text{górne wew.}}$ = 49 mm	Tuleja niska H= 50mm $\Phi_{\text{dolne zew.}} = 69$ mm $\Phi_{\text{dolne wew.}}$ = 48 mm $\Phi_{\text{górne zew.}} = 66$ mm $\Phi_{\text{górne wew.}}$ = 49 mm	Prostopadłości an wysoki H=150 mm a dolne = 71 mm a górne = 66 mm	Prostopadłości an niski H=50 mm a dolne = 69 mm a górne = 66 mm

Dane dotyczące modeli zestawiono w tabeli 1. Modele wyposażono w pokrywy zakładane na górną powierzchnię. Umożliwiło to przeprowadzanie badań formowania z użyciem modeli z wnękami o zróżnicowanej smukłości jak i bez wnęk.

Stanowisko do badań formowania grawitacyjnego obejmowało: zasobnik masy formierskiej z zamknięciem płytowym oraz szyb prowadzący. Prasowanie (górne) form wykonywano na stanowisku formierki FKT 54- rys.4b. a prasowanie dolne na specjalnie wykonanym stanowisku wyposażonym w dźwignik hydrauliczny. Stosowano skrzynie okrągłe o średnicy wewnętrznej 205 mm i wysokości 265 mm oraz skrzynie ze szkła organicznego

Badania procesu formowania podciśnieniowego. Stanowisko zostało tak zaprojektowane, aby możliwe było przeprowadzanie badań zarówno w procesach z transportem masy do przestrzeni technologicznej (rys.1) jak również badania procesu zagęszczania podciśnieniowego w sytuacji, gdy masa znajduje się już w przestrzeni technologicznej. Ideą przeprowadzenia tych badań było sprawdzenie możliwości wspomagania procesu zagęszczania podstawowego- prasowaniem, w trudnych technologicznie szczelinach modeli. Przykładowe wyniki tej serii badań ujmuje poniższy wykres (rys.6).



Rys.6. Wyniki pomiarów twardości T_A w formach zagęszczanych: podciśnieniowo, podciśnieniowo z doprasowaniem oraz prasowaniem; obszary pomiaru twardości (rys.4b): F-obszar na zewnątrz modelu, M-obszar wewnątrz modelu.

Fig.6. Hardness measurements results in moulds compacted by: suction, suction and squeezing, squeezing; hardness measurement (fig.4b): F- outside of pattern, M- inside of pattern.

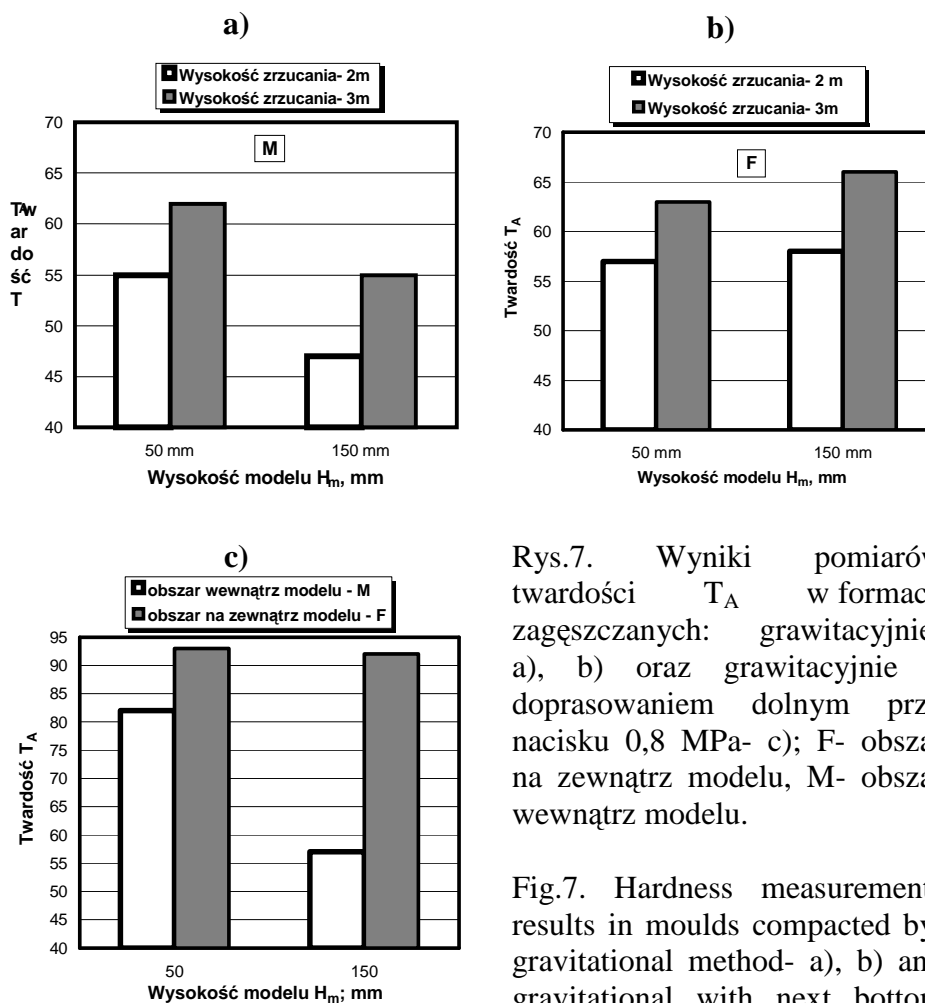
Analizując dane z rysunku 6, można stwierdzić korzystny wpływ podciśnieniowego zagęszczania wstępnego na osiągnięte efekty końcowe formowania (po doprasowaniu) – nieco wyższe wartości twardości formy na zewnątrz modelu (obserwowano również mniejsze rozrzuty wartości), w porównaniu do form zagęszczanych samym prasowaniem. Ważniejszy jednak jest zauważalny efekt wzrostu twardości w obszarze modelu. W badaniach wykorzystano trudne technologicznie modele o dużej smukłości wnęki wewnętrznej (nawet około 3). Obserwowano poprawę efektów zagęszczania wstępnego wraz z obniżaniem ciśnienia w zbiorniku instalacji próżniowej.

Wyraźną poprawę średnich efektów zagęszczania uzyskiwano układając na powierzchni swobodnej masy płaski krążek (mogący się przemieszczać wzdłuż formy). Różnica ciśnienia atmosferycznego oraz ciśnienia w obszarze zagęszczonej formy umożliwiała doprasowanie jej górnych warstw.

Badania procesu formowania grawitacyjnego. Celem prowadzonych badań była weryfikacja opisywanych w materiałach źródłowych [4,5,7] rezultatów grawitacyjnego zagęszczania masy. Przeprowadzono serię badań wstępnych, której wyniki potwierdzały uzyskiwanie bardzo słabego zagęszczenia w przypadku zrzucania masy z wysokości poniżej 2m. Ponadto stwierdzono korzystny wpływ nawet niewielkiego, wstępnego zagęszczenia pakietu masy w zasobniku na osiągnięte efekty formowania. W przypadku zrzucania bardzo spulchnionej masy wyraźny był wpływ oporów powietrza na jej przemieszczenie.

Na stwierdzenie powyższego zjawiska pozwoliła analiza obrazów uzyskanych podczas filmowania procesu. Badania wstępne ujawniły również wyraźny, korzystny wpływ odpowietrzenia przestrzeni technologicznej na osiągnięte efekty formowania. Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono przykładowe rezultaty przeprowadzonych badań. Przed zrzucaniem masę

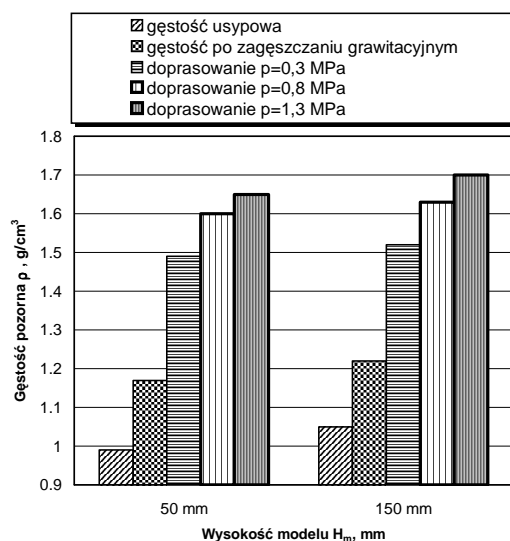
formierską zagęszczano prasowaniem przy bardzo małym nacisku -ok. 1,6 kPa. Stosowano te same modele, co przy formowaniu podciśnieniowym. Widoczny jest wpływ wysokości zrzucania na osiągnięte rezultaty. Przy modelach o dużej smukłości wnęki wyraźne jest gorsze zagęszczenie w jej obszarze, które jedynie nieznacznie jest podwyższone przez prasowanie. Przeprowadzona seria badań porównawczych procesu formowania ,przy zastosowaniu prasowania górnego i dolnego (w przyjętych warunkach badań), nie wykazała istotnych różnic zagęszczenia w obszarach formy odwzorowywanych przez powierzchnie wewnętrzne modeli. Oczywiście wzrost nacisku prasującego powodował poprawę efektów zagęszczania wyrażonych zarówno średnią gęstością form- rys. 8 oraz twardością lub wytrzymałością form. We wnętrzu modeli ewentualny przyrost gęstości uzależniony był od ich wymiarów geometrycznych (smukłości wnęki).



Rys.7. Wyniki pomiarów twardości T_A w formach zagęszczanych: grawitacyjnie- a), b) oraz grawitacyjnie z doprasowaniem dolnym przy nacisku 0,8 MPa- c); F- obszar na zewnątrz modelu, M- obszar wewnątrz modelu.

Fig.7. Hardness measurements results in moulds compacted by: gravitational method- a), b) and gravitational with next bottom squeezing under unit pressure 0,8 MPa- c); F- outside of pattern, M- inside of pattern.

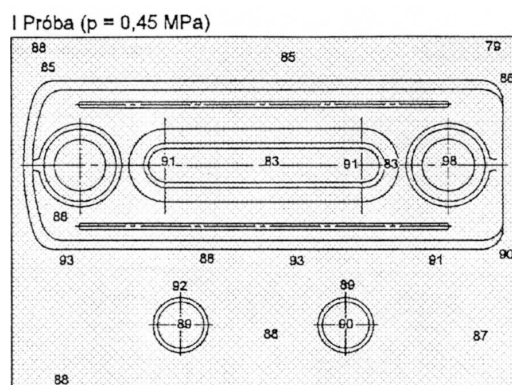
Przy nacisku 0,8 MPa osiągnięto średnią twardość powierzchni formy przekraczającą 90 jednostek oraz wytrzymałość ponad 600 N/cm^2 (przyrząd PVP, +GF+). Dotyczyło to jednak obszarów formy na zewnątrz modeli. Jak wspomniano wcześniej, przy modelach o dużej smukłości wnęki nie uzyskiwano istotnej poprawy zagęszczenia wewnątrz modelu.



Rys.8. Wyniki pomiarów średniej gęstości form ρ zagęszczanych: grawitacyjnie oraz grawitacyjnie z doprasowaniem dolnym; wysokość zrzucania 2 m; H_m - wysokość modelu.

Fig.8. Mean density measurements results in moulds compacted by: gravitational method and gravitational with next bottom squeezing; fall height 2 m; H_m – pattern height.

Formowanie impulsowe. Poniżej w celach porównawczych przedstawiono przykładowe efekty formowania osiągnięte jednostopniową metodą impulsową (rys.9,10).



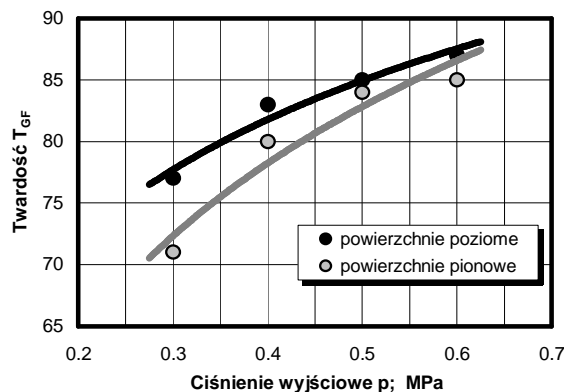
Rys.9. Przykładowe efekty formowania metodą impulsową; p- ciśnienie początkowe w głowicy impulsowej [6].

Fig.9. Example of moulding results; air impulse compaction; p- initial pressure in impulse head [6].

Widoczna jest możliwość osiągania porównywalnych wartości zagęszczenia (pod względem średnich wartości) w jednostopniowej metodzie impulsowej jak w analizowanych metodach dwustopniowego zagęszczania.

Przedstawiony na rysunku 10 wykres obejmuje wyniki badań prowadzonych na formierce FT-65, firmy TECHNICAL [8]. Rezultaty te uzyskano podczas jednostopniowego zagęszczania impulsowego. Formierka ta wyposażona jest w hydrauliczny układ doprasowania form, możliwe jest, więc osiąganie wyższych wartości twardości form (o ile jest to uzasadnione technologicznie).

Wyniki przedstawione na rysunku dotyczą zagęszczania form przy zastosowaniu z modelu schodkowego. Podane na wykresie punkty są wartościami średnimi z wielu pomiarów w określonych punktach formy, na powierzchniach poziomych i pionowych (odzworowanych przez model). Charakterystyczne jest zmniejszanie się różnic pomiędzy średnimi twardościami powierzchniowymi określanymi na ściankach poziomych i pionowych formy wraz ze wzrostem ciśnienia wyjściowego w głowicy.



Rys.10. Rezultaty formowania impulsowego na maszynie FT-65, TECHNICAL Nowa Sól; p- ciśnienie początkowe w głowicy impulsowej; dane z [8].

Fig.10. Results of impulse moulding on machine FT-65, TECHNICAL Nowa Sól , p- initial pressure in impulse head. Data from [8].

4. PODSUMOWANIE

Ocena i porównanie współcześnie stosowanych metod formowania nie jest zagadnieniem prostym.. Ze względu na odmienne warunki prowadzenia badań i różną metodykę analiza porównawcza metod formowania jest bardzo utrudniona. Wyniki prezentowanych w materiałach ofertowych niektórych producentów maszyn nie są miarodajne dla oceny rozwiązań. Celowe jest prowadzenie badań różnych procesów formowania w ujednoliconych, ściśle określonych warunkach w jednostkach naukowo-technicznych.

Przedstawione rezultaty badań świadczą o przydatności zarówno formowania podciśnieniowego jak i grawitacyjnego jako metod wstępnego zagęszczania. Jednak wyniki nie są tak dobre jak można byłoby się spodziewać na podstawie analizy materiałów prospektowych. Zastosowanie metody podciśnieniowego zagęszczania.w skrzyniach formierskich jest możliwe raczej jako metody pomocniczej, rozszerzającej zakres możliwości maszyn realizujących inne procesy formowania. Dotyczyłoby to formowania przy trudnych technologicznie modelach. Byłoby to zgodne z tendencją wielowariantowej pracy współczesnych maszyn formierskich.

Druga z badanych metod wydaje się atrakcyjna, zwłaszcza po zapoznaniu się z materiałami firmowymi [5,7]. Niestety, w rozwiązaniach technicznych bardzo rzadko uzyskuje się korzystne efekty technologiczne za darmo. Zagęszczanie grawitacyjne nie jest oczywiście metodą o „zerowej” energochłonności – masę formierską należy przetransportować na wyższy poziom (zwiększając jej energię potencjalną). Przykładowo przy zmianie poziomu zasobu (pakietu) o jeden metr związany z tym nakład pracy odniesiony do 1 kg wyniesie ok. 0,01kJ/kg. W rzeczywistym układzie należy uwzględnić nakłady związane z pracą konkretnego urządzenia transportowego. Z punktu widzenia procesów formowania nie są to wartości duże, ale na pewno nie „zerowe”. Większym problemem technicznym może być jednak instalacja wysokich maszyn formierskich w konkretnych warunkach lokalowych. Uzyskane rezultaty badań omawianego procesu są o wiele bardziej zgodne z wynikami zaprezentowanymi w pracy [4], niż z danymi w publikacji [5] i informacjami zawartymi w materiałach prospektowych [7]. Ze spornych zagadnień można tu między innymi wymienić celowość stosowania odpowiedzeń przestrzeni technologicznej, oddziaływania masy na modele (łatwo obliczyć, że prędkość pakietu może osiągać przy wysokości zrzucania 3m wartość około 7m/s), rozwiązanie zasobników masy. Niestety na przeszkodzie pogłębionej oceny maszyny realizującej proces formowania grawitacyjnego z doprasowaniem stoi brak podstawowych danych technicznych w materiałach ofertowych – wymiarów gabarytowych, mocy napędu, stosowanych nacisków jednostkowych. Należy podkreślić występujące w układach dolnego prasowania trudności z

uszczelnieniem przestrzeni technologicznej oraz pożądaną stabilną właściwość masy (zwłaszcza jej zagęszczalności), konieczność precyzyjnego dozowania masy (zagadnieniu dozowania wagowego poświęcono w maszynach firmy Savelli wiele uwagi [5,7]). Analiza schematów przedstawionych w publikacji [5] wskazuje, że prasowanie dolne we współczesnej odmianie maszyn grawitacyjnych z doprasowaniem realizowane jest jedynie przy naciskach wynikających z siły oporu przemieszczania pakietu w zestawie nadstawka- skrzynia formierska. Należy podkreślić, że dla efektów zgęszczania w zamkniętych wnękach modeli układ prasowania (dolne, górne) ma małe znaczenie. Decydująca w tym przypadku jest wartość nacisku jednostkowego i poziom wstępnego zagęszczenia (potwierdziły to również przeprowadzone badania).

Zaprezentowane wyniki badań wybranych procesów formowania są jedynie fragmentem szerszych prac aktualnie prowadzonych w Katedrze Mechanizacji, Automatykacji i Projektowania Odlewni AGH. Współpraca Katedry z firmą TECHNICAL w zakresie badań procesów formowania oraz oprzyrządowania stanowisk badawczych powinna przynieść wymierne korzyści – przyczynić się do podniesienia poziomu wyposażenia laboratoriów dydaktycznych oraz ukierunkować prace badawcze na problematykę ważną z punktu widzenia praktyki przemysłowej. Można mieć również nadzieję na wykorzystanie rezultatów wspólnie zaplanowanych badań w optymalizacji parametrów oferowanych przez firmę TECHNICAL maszyn formierskich.

LITERATURA

- [1] Fedoryszyn A., Smyksy K.; Dańko J.,: *Techniki formowania stosowane w odlewnictwie światowym*. Materiały II Konferencji TECHNICAL'99. Nowa Sól,
- [2] Fleming E., Tilch W.: *Formstoffe und Formverfahren*. DVG, Leipzig-Stuttgart 93.
- [3] Hespers W., Lustig M.: *Systematic planning of investments in moulding plants, allowing for technical and organizational developments*. Casting plant and Technology, nr 4, 1988, s.14-23.
- [4] Kolieda S.W.: *Ocoobiennosti modelno-opocznoj osnastki dla grawitacjonno-priessowo formowki*. Litiesnoje Proizvodstwo, nr 9, 1973, s.3- 6.
- [5] Macouat K.: *Formimpress – nowoczesny, energooszczędny i cichy proces formowania*. Biuletyn Metals&Minerals, nr 1, 2001, s.16- 20.
- [6] Makohonenko K.: *Nowoczesne metody zagęszczania form odlewniczych oraz ich usuwania ze skrzyń formierskich*. Mat. Symp.: Nowe Technologie Odlewnicze. Prodlew W-wa, IO Kraków. Warszawa 1997.
- [7] Materiały prospektowe: *DOZAMET, DISA, HAFLINGER, HEINRICH WAGNER SINTO, KÜNKEL WAGNER, SAVELLI, TECHNICAL*.
- [8] Pezarski F. i in.: *Analiza wyników badań i prób nowej formierki impulsowo - prasującej FT-65*. Materiały II Konferencji TECHNICAL'99. Nowa Sól, 1999, .
- [9] Rudy C., Soliński W.: *Mechanizacja procesu formowania w odlewni*. Materiały III Konferencji Odlewniczej. Nowa Sól, 2000, s. 55
- [10] Smyksy K.: *Technologiczne aspekty formowania impulsowego*. Krzepnięcie Metali i Stopów nr 25, 1995, s.47- 52.
- [11] Szablowski M.: *Analiza wybranych parametrów formowania podciśnieniowego z doprasowaniem*. Praca magisterska, Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków 2001.
- [12] Ślęzyk M.: *Badanie procesu formowania podciśnieniowego*. Praca magisterska, Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków 2001.

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF SOME CURRENT MOULDING METHODS

SUMMARY

Foundry equipment producers offer moulding machines based on different methods of compaction. Currently in flask moulding machines are usually used two-step compaction process. First step of compaction can be made for example by air impulse, air-flow, suction or gravitational method. The second step of compaction has realised usually by squeezing, in example using multi-piston head, diaphragm or flat plate. The comparison of moulding results obtained in different moulding method has special meaning in practice for example in the case of necessity of the moulding plant modernisation. The evaluation and comparison of moulding results presented in many sources is difficult due to different way and various measuring methods used for testing compacted green sand moulds as well as not enough precisely described tests conditions. In the paper the own research results and analysis of selected moulding methods have been presented. The first one has been the method based on suction pre-compaction and squeezing and the second one has been gravitational pre-compaction and bottom squeezing. The selected impulse moulding effects were treated as reference level for comparison of moulding results obtained in tests.

WIRNIKOWE OCZYSZCZARKI STRUMIENIOWO – ŚCIERNE

T. PIOSIK¹

P.P.P. TECHNICAL Sp. z o.o.
ul. Zielonogórska 1A, 67-100 Nowa Sól

STRESZCZENIE

W publikacji przedstawiono urządzenia do obróbki powierzchni metodą strumieniowo-ścierną. Dokonano porównania dwóch podstawowych sposobów obróbki strumieniowo-ściernej: oczyszczanie wirnikowe i oczyszczanie pneumatyczne.

Większa wydajność oczyszczania wirnikowego oraz niższe zużycie energii oraz niska pracochłonność w porównaniu do czyszczenia pneumatycznego powodują, że oczyszczarki wirnikowe są najczęściej stosowanymi urządzeniami w procesie strumieniowo – ściernej obróbki powierzchni.

Key words: pneumatic cleaning, shot blasting, throwing rotor, separator

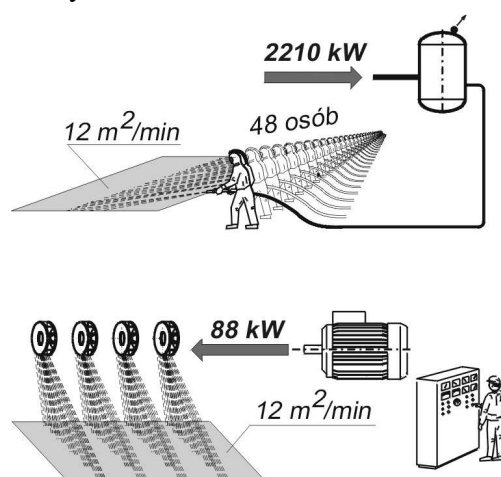
1. WALORY TECHNICZNO – EKSPLOATACYJNE I ZASTOSOWANIE

Spośród znanych i stosowanych technik mechanicznego przygotowywania powierzchni metalowych pod powłoki ochronne, na szczególne wyróżnienie zasługuje obróbka strumieniowo-ścierna.

Obróbka ta zdecydowanie przewyższa wszystkie inne techniki, jak np. szlifowanie, czy szcietkowanie. Jej główna przewaga polega na tym, że zapewnia ona uzyskanie najwyższego stopnia czystości powierzchni i odpowiedniej jej chropowatości, przy jednoczesnych relatywnie niskich kosztach obróbki.

Obecnie stosowane są dwie podstawowe metody obróbki strumieniowo - ściernej: oczyszczanie wirnikowe i oczyszczanie pneumatyczne. Przy zbliżonych efektach obróbczych, metody te różnią się istotnie parametrami techniczno-eksploatacyjnymi

Obrazowo przedstawia to rysunek 1.



Rys.1. Porównanie energochłonności, wydajności i pracochłonności oczyszczania pneumatycznego i wirnikowego.

Fig. Comparison of energy consumption, efficiency and labour demand of pneumatic cleaning and shot – blasting.

¹ inż. V-ce Prezes TECHNICAL, zarzad@technical.com.pl
Nowa Sól 23-24.05.2002r.

Porównania dokonano przy następujących danych:

- przedmiotem oczyszczanym jest średnio skorodowana blacha stalowa o szerokości 2000 mm,
- stopień czystości powierzchni blachy po oczyszczeniu Sa 2^{1/2} wg PN-ISO 8501-1; 1996,
- średnica dyszy wyrzutowej oczyszczarki pneumatycznej wynosi 11 mm,
- zużycie powietrza przez dyszę wynosi 8Nm³/min,
- oczyszczarka pneumatyczna zasilana jest sprężarką śrubową o współczynniku Ns (kW/Nm³/min)⁻¹ równym 5,75,
- ciśnienie sprężonego powietrza 6 bar,
- oczyszczarka wirnikowa wyposażona jest w cztery wirniki rzutowe śrutu, każdy o wydajności 380 kg śrutu/min i mocy silnika napędowego 22kW.

Przedstawione porównanie wykazuje, że oczyszczanie wirnikowe charakteryzuje się:

- bardzo dużą wydajnością oczyszczania, w stosunku do oczyszczarki pneumatycznej jest ona wyższa ponad 50 razy (dla oczyszczarki wirnikowej wskaźnik wydajności oczyszczania do mocy zainstalowanej (m²/h kW⁻¹) wynosi 8,2 podczas gdy dla oczyszczarki pneumatycznej wynosi 0,32),
- niskim zużyciem energii elektrycznej w odniesieniu do oczyszczanej powierzchni,
- niską pracochłonnością i uciążliwością obsługi.

Ponadto oczyszczarki wirnikowe strumieniowo-ściernie:

- są przyjazne dla środowiska naturalnego, gdyż proces oczyszczania odbywa się w szczelnej wentylowanej kabinie, a odciągane z kabiny powietrze ulega dokładnemu oczyszczeniu,
- zawartość pyłów w powietrzu za filtrem nie przekracza z reguły 5mg/m³,
- zapewniają uzyskiwanie najwyższego stopnia czystości powierzchni stalowych tj. Sa 3 wg PN-ISO 8501-1;1996,
- umożliwiają uzyskiwanie bardzo zróżnicowanej chropowatości powierzchni o parametrze Rz od 2µm do 150µm. - odbywa to się poprzez odpowiedni dobór śrutu i regulację jego prędkości wylotowej,
- umożliwiają uzyskiwanieżądanego profilu chropowatości powierzchni od bardzo łagodnego, poprzez ostry do profilu podciętego. Odpowiednie kształtowanie profilu następuje poprzez odpowiedni dobór rodzaju i granulacji śrutu, jak też regulację jego prędkości wylotowej,
- posiadają zamknięty obieg śrutu, co między innymi decyduje o optymalnym jego wykorzystaniu jak też efektywnym wykorzystaniu urządzeń,
- są w znacznym stopniu zmechanizowane, a ich obsługa sprowadza się często do kontroli poprawności przebiegu poszczególnych cykli i parametrów pracy,
- są mało uciążliwe dla otoczenia i obsługi, gdyż emitowany przez nie hałas i zapylenie są znacznie niższe od dopuszczalnych wartości.

Podane walory sprawiają, że wirnikowe oczyszczanie strumieniowo -ściernie jest najczęściej stosowaną metodą przygotowania powierzchni pod powłoki ochronne.

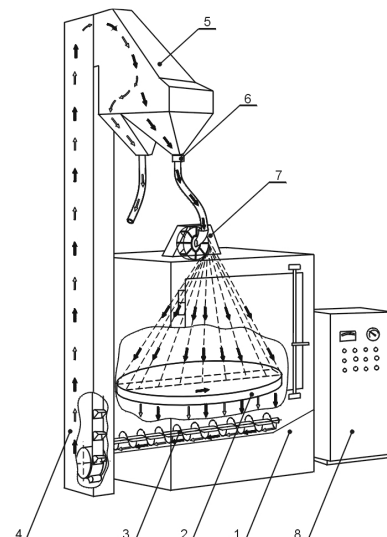
Oczyszczarki wirnikowe stosowane są w bardzo wielu dziedzinach przemysłu – od przemysłu hutniczego i odlewniczego, poprzez przemysły budowy maszyn i motoryzacyjny, po produkcję sprzętu gospodarstwa domowego.

Przy dużej ilości zalet, oczyszczarki wirnikowe posiadają też określone wady. Należy do nich zaliczyć:

- stosunkowo wysokie ceny urządzeń,
- w zdecydowanej większości są to urządzenia stacjonarne bez możliwości ich przemieszczania.

2. BUDOWA I DZIAŁANIE OCZYSZCZAREK WIRNIKOWYCH.

Ogólną zasadę budowy i działania oczyszczarek wirnikowych strumieniowo-ściernych przedstawia rysunek 2.



Rys.2. Budowa i działanie oczyszczarki wirnikowej.
Fig. 1 Design and operation principle of Airless

Przedstawione na rysunku zespoły są zasadniczymi elementami wchodzącymi w skład każdej wirnikowej oczyszczarki strumieniowo-ściernej. Są to:

Kabina robocza (1)

Kabina robocza tworzy zamkniętą przestrzeń, wewnątrz której odbywa się proces oczyszczania. Podstawowym zadaniem kabiny jest hermetyzacja procesu. W zależności od wielkości, przeznaczenia i typu oczyszczarki kabiny są bardzo zróżnicowane. Dotyczy to szczególnie ich wielkości, kształtu, sposobu zamknięcia i uszczelnienia. Kabiny oprócz podanych różnic posiadają też wspólne cechy konstrukcyjne, do których należy zaliczyć:

- bardzo stabilny korpus spawany z grubych blach i kształtowników,
- wyłożenie wewnętrzne wykonane najczęściej z wymiennych grubych blach manganowych, o bardzo dużej odporności na ścieranie,
- system wentylacji złożony z odpowiedniego dla danej kabiny układu krtek wlotowych i ssaw odciągowych.

Zespół przemieszczania oczyszczanego przedmiotu (2)

Zadaniem zespołu jest mechaniczne i najczęściej samoczynne przemieszczanie oczyszczanego przedmiotu w strudze (strugach) śrutu. Przemieszczanie przedmiotu jest czynnością niezbędną w procesie wirnikowego oczyszczania. Spowodowane to jest tym, że oczyszczarki wirnikowe posiadają stałe i poza bardzo nielicznymi przypadkami nieruchome strugi śrutu. Przy odpowiednio usytuowanych strugach śrutu, właściwe przemieszczanie decyduje o dokładności i równomierności oczyszczenia powierzchni.

Sposób przemieszczania wynika najczęściej z rodzaju i kształtu przedmiotu. Związany jest też on z konstrukcją oczyszczarki i jej powiązaniem z określoną linią technologiczną.

Najczęściej stosowane są następujące sposoby przemieszczania:

- obrót przedmiotu ustawionego na stole obrotowym lub płycie obrotowej wózka przejezdnego,

- obrót przedmiotu zawieszono na zawieszce przenośnika podwieszono w przypadku oczyszczarek przelotowych, bądź na haku elektrowciągu przy oczyszczarkach nieprzelotowych,
- wzajemne przemieszczanie przedmiotów małych i średnich umieszczonych w bębnach, bądź nieckach tworzonych przez taśmy gumowe, lub płyty stalowe,
- transport wzdłużny przedmiotów np. blach i płaskich konstrukcji za pomocą napędzanego przenośnika rolkowego,
- transport wzdłużny przedmiotów np. rur i prętów z jednoczesnym ich obrotem wokół własnej osi za pomocą przenośnika samotokowego,
- przemieszczanie wzajemne przedmiotów małych i średnich wraz z ich transportem wzdłużnym w specjalnych rynnach stalowych, lub też za pomocą przenośnika wibracyjnego.

Oprócz podanych standardowych sposobów, istnieje cały szereg innych sposobów, stosowanych głównie w oczyszczarkach specjalistycznych bądź specjalnych, konstruowanych i wykonywanych do określonego wyrobu. Szczególnym takim przykładem są oczyszczarki produkowane dla przemysłu motoryzacyjnego cechujące się masową produkcją. Oczyszczarki takie są bardzo często zautomatyzowane i wyposażone w manipulatory do odpowiedniego przemieszczania przedmiotów np. odlewów bloków silników.

Zespół poziomego transportu śrutu (3)

Zadaniem zespołu transportu jest odbiór śrutu wraz z zanieczyszczeniami z kabiny roboczej i przetransportowanie tej mieszaniny do zespołu transportu pionowego. W zależności od wielkości oczyszczarki, oraz jej przeznaczenia stosowane są następujące rodzaje transportu:

- przenośnik śrubowy stosowany z reguły w małych i średnich oczyszczarkach
- przenośnik taśmowy, stosowany w konstrukcjach dużych i bardzo dużych oczyszczarkach. Jego zaletą jest duża trwałość i możliwość transportu na dużych odległościach. Wadą decydującą o jego zawężonym stosowaniu są problemy eksploatacyjne związane z zachowaniem szczelności połączenia taśmy przenośnika z zsytem kabiny roboczej
- przenośnik wibracyjny. Przenośnik ten stosowany się jest z reguły w konstrukcji dużych oczyszczarek, szczególnie przeznaczonych dla odlewnictwa. Najczęściej rynna przenośnika wyposażona jest w sito przesiewające, którego zadaniem jest oddzielenie od śrutu dużych zanieczyszczeń typu zalewki, czy też elementy zbrojenia rdzeni odlewów.

Bardzo często w konstrukcji oczyszczarek stosuje połączone zespoły transportu, jak np. przenośniki śrubowe wzdłużnie z przenośnikami śrubowymi poprzecznymi, czy też przenośniki wibracyjne z przenośnikami śrubowymi.

Zespół pionowego transportu śrutu (4).

W oczyszczarkach wirnikowych, do pionowego transportu śrutu, poza szczególnymi przypadkami stosowany jest przenośnik kubełkowy, gdzie elementami transportującymi mieszaninę śrutu i zanieczyszczeń są kubełki zamocowane do taśmy tkaninowo-gumowej.

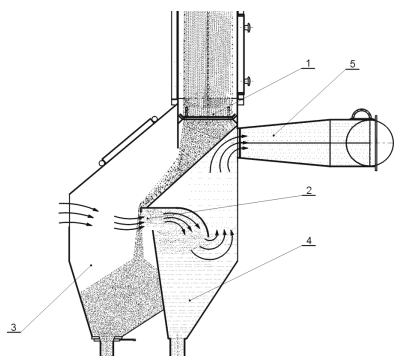
Separator śrutu (5)

Zadaniem separatora jest:

- ciągłe oddzielanie i wycofywanie z obiegu wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń usuniętych z powierzchni oczyszczanych przedmiotów, jak: produkty korozji, stara powłoka zabezpieczająca, masa formierska, masa rdzeniowa i inne,
- utrzymywanie wymaganego składu ziarnowego śrutu, poprzez wycofywanie jego składu śrutu nadmiernie rozdrobnionego,
- oddzielanie większych zanieczyszczeń typu: pozostałości rdzeni odlewniczych, zalewek z odlewów, zgorzeliny,
- oddzielanie od śrutu frakcji pylistych.

Obok wirników rzutowych separatory śrutu są zespołami decydującymi o wydajności i jakości oczyszczania, a także w znaczącym stopniu o strukturze oczyszczanych powierzchni. Sprawność separacji decyduje też o trwałości elementów oczyszczarki, głównie części roboczych wirnika rzutowego

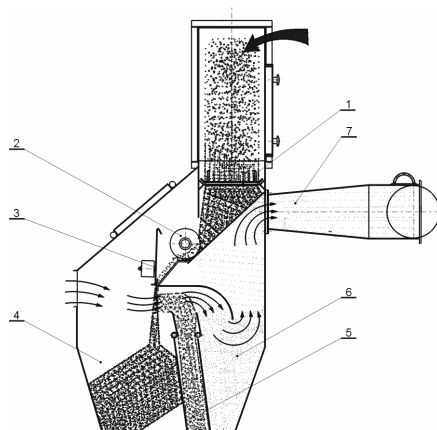
Ogólnie stosowane są trzy rodzaje separatorów śrutu: separator powietrzny jednostopniowy, separator powietrzny dwustopniowy, separator magnetyczno-powietrzny. Stosowane są one odpowiednio do wielkości oczyszczarki i jej przeznaczenia.



Rys. 3. Separator śrutu powietrzny jednostopniowy.
Fig. Single-stage air-operated separator of abrasive shot

Przedstawiony separator stosowany jest w małych i średnich oczyszczarkach wykorzystywanych do oczyszczania różnych przedmiotów z wyłączeniem odlewów wykonywanych w formach piaskowych. Jako małe i średnie przyjmuje się oczyszczarki o ilości wirników rzutowych nie większej jak 2 szt. i mocy silnika napędowego wirnika do 11 kW.

W przedstawionym separatorze podany z elewatora śrut zostaje oczyszczony z większych frakcji na sicie (1), a następnie przesypuje się przez kurtynę powietrzną (2), gdzie następuje oddzielenie od śrutu: zanieczyszczeń o masie mniejszej od masy śrutu, śrutu nadmiernie rozdrobionego i pyłów. Oczyszczony śrut przesypuje się do zbiornika śrutu (3), skąd poprzez układ zasilania zostaje ponownie podany do wirnika rzutowego. Zanieczyszczenia podane zostają do zbiornika (2), stamtąd do pojemnika odpadów, frakcje pyliste poprzez ssawę (5) i rurociągi zostają odciągnięte do urządzenia odpylającego.



Rys. 4. Separator śrutu powietrzny dwustopniowy.
Fig. 4 Two-stage air-operated separator of abrasive shot

Przedstawiony separator śrutu stosowany jest z reguły w konstrukcjach oczyszczarek o ilości wirników większych jak 2 szt. I mocy silnika napędowego wirnika wyższej od 11 kW. Separator powietrzny dwustopniowy stosowany jest też w oczyszczarkach do odlewów piaskowych średnio zanieczyszczonych. Dla separatora powietrznego dwustopniowego wagowy udział masy formierskiej w śrucie nie powinien przekraczać 15%.

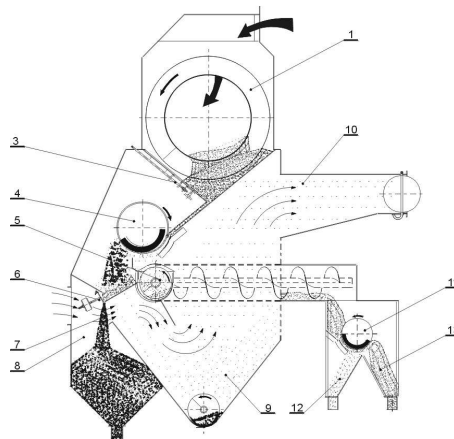
Rysunek 4. przedstawia działanie separatora. Podany z elewatora śrut opada na sito (!), gdzie zostają oddzielone większe frakcje zanieczyszczeń, jak np. grudki masy rdzeniowej. Śrut Nowa Sól 23-24.05.2002r.

po przesypaniu przez sito rozprowadzany jest ślimakiem (2) wzdłuż całej użytecznej długości separatora. Samoczynnie działająca przysłona spiętrzająca (3) ma za zadanie równomierne rozłożenie warstwy śrutu wzdłuż powietrznej szczeliny przedmuchowej.

W separatorze podana mieszanina śrutu i zanieczyszczeń zostaje rozdzielone na trzy warstwy:

- czysty śrut kierowany do zbiornika (4), skąd poprzez układ zasilania zostaje ponownie podany do wirników rzutowych,
- warstwę pośrednią (5) zawierającą pewną ilość użytecznego śrutu i zanieczyszczeń, kierowaną do ponownej separacji,
- zanieczyszczenia i nadmiernie rozdrobniony śrut kierowane do zbiornika (6) i dalej do zbiornika odpadów,
- frakcję pylistą, która poprzez ssawę (7) i rurociągi zostaje odciągnięta do urządzenia odpylającego.

Jak już zostało wspomniane, czystość śrutu posiada bardzo istotne znaczenie dla jakości oczyszczania i trwałości elementów wirników rzutowych. W procesie zużywania elementów roboczych wirników, bardzo istotną rolę odgrywa piasek kwarcowy pochodzący z masy formierskiej. Stwierdzono, że zwiększenie nadmiaru piasku w śrucie o 1% prowadzi do nawet dwukrotnego zwiększenia intensywności zużycia części roboczych wirnika: wirnika rozdzielającego, tulei regulacyjnej i łopatek rzutowych. Stąd też w oczyszczarkach do średnio i silnie zanieczyszczonych odlewów, gdzie w trakcie oczyszczania wagowy udział piasku formierskiego w śrucie przekracza 15%, stosowane są separatory magnetyczno-powietrzne.



Rys. 5. Separator magnetyczno-powietrzny.

Fig. 5 Magnetic-air separator

Działanie przedstawionego separatora jest następujące:

Mieszanina śrutu i zanieczyszczeń zostaje podana z przenośnika kubelkowego do bębna przesiewającego (1), gdzie zostają oddzielone większe zanieczyszczenia. Przesiany śrut jest rozprowadzany przy pomocy ślimaka (2) wzdłuż całej długości separatora i przy pomocy regulowanej przysłony (3) równomiernie dozowany pod obracający się płaszcz bębna magnetycznego (4). Bęben dokonuje separacji śrutu od zanieczyszczeń. Oddzielony śrut poprzez klapę spiętrzającą (6) opada w dół i przepływa przez kurtynę powietrzną (7), gdzie zostaje oczyszczony z resztek zanieczyszczeń oraz śrutu nadmiernie rozdrobnionego. Oczyszczony śrut opada do zbiornika (8) skąd podany zostaje poprzez układ zasilania do wirników rzutowych. Oddzielone w części powietrznej separatora zanieczyszczenia i nadmiernie rozdrobniony śrut trafiają do zbiornika (9) i dalej do pojemnika odpadów, zanieczyszczenia oddzielone przez bęben magnetyczny (4) trafiają do przenośnika śrubowego (5), który podaje je pod płaszcz bębna magnetycznego (11). Z zanieczyszczeń bęben magnetyczny oddziela śrut, który trafia do zbiornika (12), skąd podawany jest powtórnie do separacji. Zanieczyszczenia podane zostają do

zbiornika (13) i stamtąd do pojemnika odpadów. Oddzielone w separatorze frakcje pyliste zostają odciągnięte przez ssawę (10) i rurociągami podane do odpylacza.

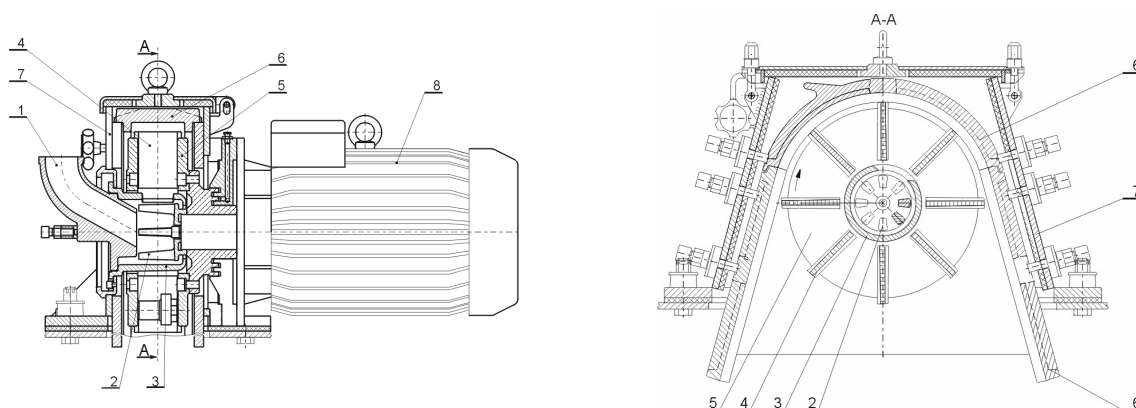
Opisany powyżej separator posiada bardzo dużą sprawność. Przy podanej mieszance 1600kg śrutu/min i 400 kg piasku/min (zanieczyszczenie śrutu 20%), po separacji otrzymano: zawartość piasku w śrucie 0,1%, a zawartość użytecznego śrutu w odpadach (zbiornik 13) 0,2%.

Zespół podawania śrutu do wirnika rzutowego (6)

Najważniejszym elementem zespołu jest napędzony pneumatycznie odcinacz śrutu. Zadaniem odcinacza jest odcinanie i otwieranie dopływu śrutu do wirnika rzutowego zgodnie z zaprogramowanym cyklem pracy oczyszczarki. Drugą ważną funkcją pełnioną przez odcinacz śrutu jest regulacja ilości śrutu podawanego do wirnika rzutowego.

Wirnik rzutowy (7).

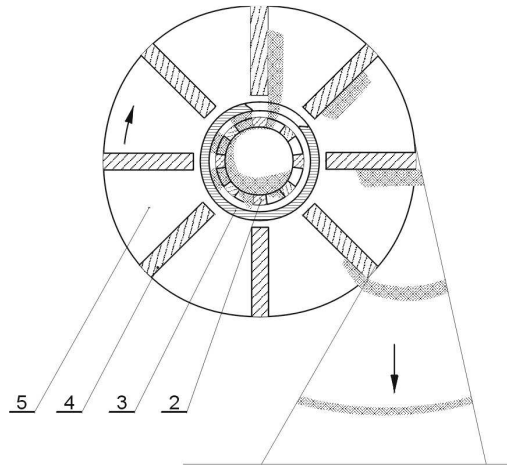
Wirnik rzutowy śrutu jest podstawowym zespołem roboczym oczyszczarek wirnikowych strumieniowo - ściernych. Zadaniem wirnika rzutowego jest zmiana kierunku przepływu śrutu i nadanie jemu odpowiedniej prędkości wylotowej. Najczęściej stosowany jest wirnik 8-mio łopatkowy z mechanicznym rozdziałem śrutu. Konstrukcję takiego wirnika przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Wirnik rzutowy TECHNICAL Nowa Sól
Fig. 6 Throwing rotor of TECHNICAL Nowa Sól

Głównymi elementami składowymi wirnika rzutowego są:

- korpus (7) wykonany z grubych blach,
- wyłożenie wewnętrzne korpusu (7) wykonane z trudnościeralnych materiałów, najczęściej specjalnego żeliwa stopowego chromowo-molibdenowego o bardzo znacznej odporności na ścieranie,
- koło rzutowe (5) wykonane z odpornych na ścieranie materiałów, najczęściej obrabianych cieplnie blach stopowych,
- łopatki rzutowe (4) w ilości 8 sztuk, zamocowane między tarczami koła rzutowego. Łopatki wykonywane są z materiałów szczególnie odpornych na ścieranie. Najczęściej jest to żeliwo stopowe o znacznej zawartości chromu. Twardość obrobionych cieplnie łopatek nie jest z reguły niższa od 64 HRC,
- tuleja regulacyjna (3) wykonywana najczęściej z tego samego żeliwa stopowego jak łopatki rzutowe,
- wirniczek rozdzielczy (2) połączony z wałem silnika napędowego. Wirniczek podobnie jak tuleja i łopatki rzutowe wykonywany jest z materiałów szczególnie odpornych na ścieranie o twardości z reguły nie mniejszej jak 64 HRC,
- lej połączony z korpusem (7),
- silnik napędowy wirnika (8). Silnik ten jest w wykonaniu specjalnym o pogrubionym wale napędowym i wzmocnionym łożyskowaniu.



Rys. 7. Zasada działania wirnika rzutowego z mechanicznym rozdziałem i przyspieszaniem śrutu.

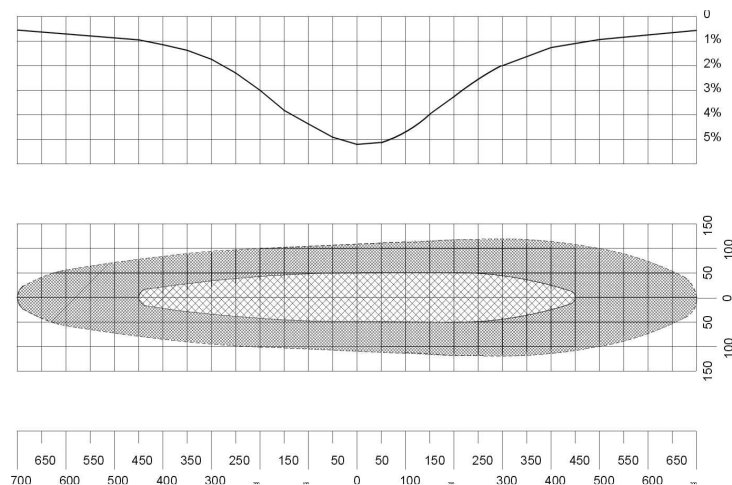
Fig. 7 Operation principle of throwing rotor with mechanical distribution and acceleration of shot.

Działanie wirnika rzutowego jest następujące:

Śrut podawany jest w sposób ciągły poprzez lej do wnętrza wirniczka rozdzielczego (2). Wirniczek rozdzielczy zmienia kierunek przepływu śrutu, nadaje ziarnom śrutu wstępnego przyspieszenia i poprzez okienko wylotowe w tulei regulacyjnej (3), podaje śrut porcjami na łopatki rzutowe (4). Łopatki rzutowe nadają ziarnom śrutu prędkości roboczej i wyrzucają porcje śrutu ściśle ustaloną strugą na oczyszczane powierzchnie. Do regulacji usytuowania strugi śrutu względem oczyszczanych powierzchni służy tuleja regulacyjna (3).

Regulacja odbywa się poprzez zmianę położenia okienka tulei.

Kształt strugi, wielkości wymiarowe strugi i koncentracja ziaren śrutu są wielkościami charakterystycznymi dla określonego wirnika rzutowego.



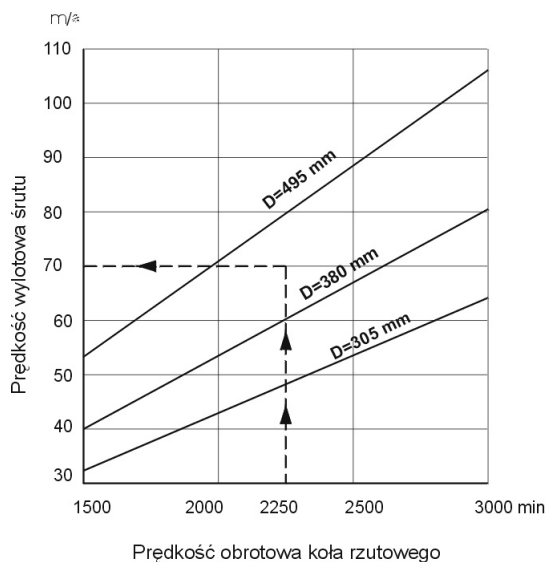
Rys. 8. Charakterystyka strugi śrutu emitowanego przez wirnik rzutowy o średnicy koła rzutowego 305 mm i obrotach koła 3000 min^{-1} .

Fig. 8 Specification of shot jet emitted by throwing rotor of throwing wheel dia. 305 mm and wheel rotation 3000 min^{-1} .

Odległość osi wirnika rzutowego od powierzchni blachy testowej wynosiła 585 mm. Do testowania użyto śrutu stalowego kulistego o mieszanej granulacji S280 i S230.

Parametry strugi śrutu są wielkościami charakterystycznymi dla poszczególnych wirników rzutowych i zależne są głównie od: prędkości wylotowej śrutu, średnicy koła rzutowego, szerokości łopatek rzutowych, wielkości okienka wylotowego w tulei regulacyjnej, wzajemnej zależności wymiarowej elementów roboczych wirnika rzutowego, wydajności wirnika rzutowego, oraz od rodzaju i granulacji śrutu.

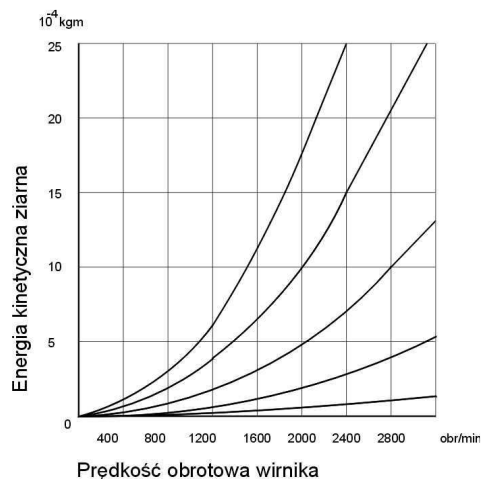
Dla efektów wirnikowej obróbki strumieniowo – ścierniej, bardzo istotną wielkością jest prędkość wylotowa śrutu z wirnika.



Rys. 9. Prędkość wylotowa śrutu w funkcji obrotów koła rzutowego i jego średnicy.

Fig. 9 Outlet speed of shot in the function of rotation of throwing wheel and its diameter.

Do oczyszczania przedmiotów stalowych oraz odlewów żeliwnych i staliwnych stosowana prędkość wylotowa śrutu zawiera się w granicach 70-80 m/s. Stosowanie prędkości wylotowych mniejszych od 70 m/s wydłuża nadmierne czas obróbki i z reguły nie daje pożądanych efektów. Natomiast prędkość wylotowa śrutu większa od 80 m/s zwiększa intensywność obróbki, lecz nie równoważy ona zwiększenia kosztów obróbki poprzez wyraźny wzrost zużycia energii elektrycznej i części wirnika głównie łopatek i wirniczków. Powoduje to, że stosowanie prędkości wylotowych śrutu większych od 80 m/s jest z reguły nieuzasadnione pod względem techniczno-ekonomicznym.



Rys. 10. Zależność energii kinetycznej ziarna od prędkości obrotowej wirnika i średnicy ziarna.

Fig. 10 Relationship of kinetic energy of shot vs. Rotational speed of rotor and shot diameter

Obecnie w nowych rozwiązaniach oczyszczarek stosuje się regulację prędkości wylotowej śrutu. Odbywa się to poprzez zmianę częstotliwości zasilania silników napędowych wirników. Regulacja prędkości znacznie rozszerza zakres stosowania i uniwersalność oczyszczarek wirnikowych. Istnieją dzięki temu dodatkowe możliwości wykorzystywania oczyszczarek do wykonywania specjalnych struktur powierzchni nie tylko stalowych, lecz również metali kolorowych i ich stopów.

Gama stosowanych wielkości wirników rzutowych jest bardzo szeroka. W konstrukcji oczyszczarek stosowane są wirniki od mocy silnika 3,0 kW i wydajności 40 kg śrutu/min do mocy 110 kW i wydajności ponad 1300 kg śrutu/min. Najczęściej jednak stosowane są następujące wielkości:

Moc silnika	Wydajność wirnika
5,5 kW	80 kg śrutu/min
7,5 kW	120 kg śrutu/min
11 kW	180 kg śrutu/min
15 kW	250 kg śrutu/min
22 kW	380 kg śrutu/min
35 kW	500 kg śrutu/min
55 kW	650 kg śrutu/min

Podane wydajności są wielkościami średnimi podawanymi przez wiodących producentów oczyszczarek i określone zostały dla śrutu stalowego kulistego S230 i S280 o twardości 46-51 HRC.

W konstrukcji oczyszczarek stosuje się od jednego do kilku wirników rzutowych. Ilość stosowanych wirników rzutowych i ich wielkość zależą od:

- typu oczyszczarki i jej przeznaczenia,
- rodzaju i wielkości przedmiotów przewidzianych do oczyszczania,
- wydajności oczyszczarki.

Zespół sterowania i kontroli pracy oczyszczarki (8)

Zadaniem zespołu jest:

- sterowanie pracą mechanizmów oczyszczarki zgodnie z zaprogramowanym cyklem pracy,
- kontrola poprawności działania mechanizmów i zabezpieczenie ich przed uszkodzeniem,
- zabezpieczenie obsługi przed powstaniem zagrożenia wypadkowego,
- bieżące informowanie obsługi o parametrach procesu, jak: wielkość obciążenia wirników rzutowych śrutem, prędkość obrotowa kół wirników rzutowych, prędkość transportu oczyszczanego przedmiotu przez oczyszczarkę, obecność wystarczającej ilości śrutu w obiegu,
- bieżące informowanie o przebiegu kolejnych czynności cyklu.

Sterowanie wraz z kontrolą pracy oczyszczarki wykonywane jest z zastosowaniem sterowników swobodnie programowalnych (PLC).

3. ODPYLANIE OCZYSZCZAREK WIRNIKOWYCH

Istotnym zagadnieniem dotyczącym procesu oczyszczania wirnikowego strumieniowo-ściernego, jest odpylanie odciąganego powietrza. Oczyszczarka wymaga odciągu powietrza z kabiny roboczej, oraz z separatora. Odciąganie powietrza z kabiny roboczej ma za zadanie wytworzenie wewnątrz kabiny odpowiedniego podciśnienia celem wyeliminowania emisji pyłów na zewnątrz oczyszczarki, oraz zapobieganie osadzaniu się pyłów na powierzchniach oczyszczanych przedmiotów. Separator natomiast wymaga dla swojego działania odpowiedniego strumienia powietrza wytwarzanego poprzez jego odciąganie. Z racji dużej zawartości pyłów,

odciągane z oczyszczarki powietrze musi ulec oczyszczeniu. W tym celu stosowane są najczęściej odpylane z suchymi elementami filtrującymi, regenerowanymi impulsami sprężonego powietrza. Małe oczyszczarki wirnikowe posiadają z reguły zespół wentylacji i odpylania zabudowany w wydzielonej części kabiny roboczej. W przypadku większych oczyszczarek stosuje się filtry wolnostojące. Zawartość pyłów z powietrza za filtrem zawiera się w granicach 5mg/m^3 i zależy głównie od rodzaju oczyszczanych przedmiotów, stopnia ich zanieczyszczenia, oraz od rodzaju stosowanego śrutu.

4. ŚRUT STOSOWANY W OCZYSZCZARKACH WIRNIKOWYCH

W technice oczyszczania wirnikowego strumieniowo – ściernego, jako ścierniwo stosowany jest śrut: żeliwny, stalowy, stalowy cięty z drutu, stalowy cięty z blachy.

Śrut żeliwny.

Rozróżnia się dwa rodzaje śrutu żeliwnego: śrut z żeliwa utwardzonego, oraz śrut z żeliwa ciągliwego. Bardziej rozpowszechniony jest śrut żeliwny utwardzony. Wykonywany jest on z żeliwa o zawartości węgla od 2% do 3.2%, zawartości manganu od 0.55% do 0.65% oraz zawartości fosforu od 1.2% do 1.5%. Twardość śrutu żeliwnego wynosi średnio około 660HV. Produkowane są dwa rodzaje śrutu żeliwnego: śrut kulisty, oraz śrut łamany uzyskiwany poprzez kruszenie śrutu kulistego – najczęściej śrutu o zbyt dużej średnicy ziarna, bądź ziarna bardzo nieregularnego. Zaletą śrutu żeliwnego jest bardzo wysoka skrawalność. Natomiast jego wadą jest bardzo niska trwałość wynosząca około 150 przejść, to jest około 150 przepływów ziaren śrutu przez wirnik rzutowy o prędkości wyrzutu śrutu 80 m/s, po których ziarna ulegają nadmiernemu rozdrobieniu powodującemu wyłączenie ich z obiegu oczyszczarki. Drugą istotną wadą śrutu żeliwnego jest jego duża agresywność powodująca bardzo intensywne zużywanie części wirnika rzutowego. W porównaniu do śrutu stalowego kulistego śrut żeliwny powoduje około 15-krotnie większe zużycie części wirnika rzutowego. Kształt ziaren śrutu żeliwnego nie odgrywa większej roli w intensywności zużywania części roboczych wirnika, gdyż praktycznie śrut kulisty zamienia się po jednym przejściu przez wirnik w śrut łamany.

Śrut stalowy.

Rozróżnia się dwa rodzaje śrutu stalowego: śrut stalowy wysokowęglowy o zawartości węgla od 0,25% do 0.75% i śrut stalowy niskowęglowy o zawartości węgla około 0,095% i molibdenu ok. 1,3%. Twardość śrutu wysokowęglowego wynosi od 460 HV do 1000 HV, a śrutu niskowęglowego od 400HV do 430HV. Niższe twardości odnoszą się do śrutu kulistego, twardości wyższe dotyczą śrutu łamanego. Śrut wysokowęglowy posiada trwałość około 1700 przejść przy twardości śrutu około 500HV. Śrut niskowęglowy cechuje się wyższą trwałością wynoszącą około 1800 przejść. Przy czym śrut wysokowęglowy jest bardziej agresywny i charakteryzuje się większą intensywnością oczyszczania, jak również większą intensywnością zużycia części roboczych wirnika rzutowego.

Śrut stalowy cięty.

Wykonywany jest on z drutu patentowego o zawartości węgla $0,55 \div 0,61\%$. Twardość śrutu wynosi ok. 450 HV. Śrut ten cechuje się dużą skrawalnością, oraz dużą trwałością. Trwałość jego wynosi ok. 6500 przejść. Jego agresywność w stosunku do części roboczych wirnika zawiera się pomiędzy śrutem stalowym łamanym a śrutem stalowym kulistym.

Śrut stalowy cięty z blachy.

Śrut ten wykonywany jest z reguły z blachy niskowęglowej o wytrzymałości na rozciąganie $600 \div 1000$ MPa. Twardość śrutu wynosi od 180 do 280 HV. Śrut ten cechuje się niską skrawalnością, oraz niską agresywnością w stosunku do części roboczych wirnika rzutowego.

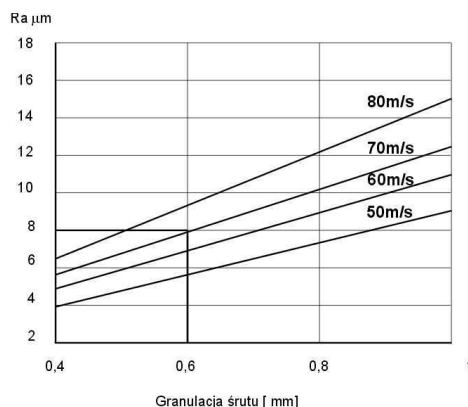
Zasady doboru śrutu.

Dokonując doboru gatunku, rodzaju i granulacji śrutu, należy brać pod uwagę następujące czynniki:

- rodzaj i kształt przedmiotu, w tym jego podatność na deformację,

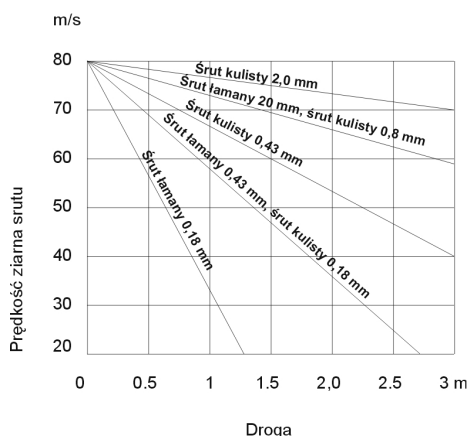
- rodzaj i wielkość zanieczyszczenia przedmiotu,
- wymagany stopień czystości powierzchni po oczyszczeniu
- wymaganą chropowatość powierzchni po oczyszczeniu,
- wymagany profil chropowatości,
- wymaganą wydajność oczyszczania,
- wpływ użytego śrutu na koszty oczyszczania.

Najczęściej doboru rodzaju i granulacji śrutu dokonuje się na zasadzie kompromisu, na przykład dokonując wyboru pomiędzy energią śrutu i związaną z nią wydajnością, a chropowatością powierzchni:



Rys.11. Zależność nierówności powierzchni od granulacji i prędkości wylotowej śrutu (energii).
Fig.11 Relationship inequality of surface vs outlet speed of shot (energy).

Dokonując doboru i rodzaju i granulacji śrutu należy również brać pod uwagę wielkość oczyszczarki. Zależność energii ziarna śrutu od odległości osi wirnika rzutowego do oczyszczanej powierzchni przedstawia rysunek 12.



Rys. 12 Zależność prędkości ziarna śrutu od jego rodzaju i granulacji oraz przebytej drogi.
Fig. 12 Relationship speed of shot vs. its type, granulation and road.

Dokonując wyboru rodzaju i granulacji śrutu należy również pamiętać, że:

- śrut o dobrych własnościach skrawających decydujących o dużej wydajności i skuteczności oczyszczania, jest jednocześnie bardzo agresywny w stosunku do oczyszczarki szczególnie do części roboczych wirnika rzutowego,
- śrut o dobrych własnościach skrawających posiada niniejszą trwałość wyrażoną ilością przejść przez wirnik rzutowy oczyszczarki,

- kształt ziarna śrutu decyduje o profilu chropowatości oczyszczonej powierzchni: śrut kulisty powoduje powstawanie czasz, natomiast śrut łamany tworzy powierzchnię o ostrych zębach często podciętych.

Jedną z wielkości charakteryzujących oczyszczarkę jest wielkość zużycia śrutu. Wielkość ta zależy od rodzaju i granulacji śrutu oraz od wielkości i ilości wirników rzutowych. Przykładowe zużycie śrutu przez jeden wirnik rzutowy przedstawia poniższe zestawienie;

Moc silnika wirnika	Zużycie śrutu
7,5 kW	1,0÷2,5 kg/h
11 kW	1,5÷3,0 kg/h
15 kW	2,0÷3,5 kg/h
18 kW	3,0÷4,0 kg/h
22 kW	3,5÷4,5 kg/h
37 kW	5,0÷7,0 kg/h

Powyższe zestawienie sporządzono dla śrutu stalowego niskowęglowego kulistego o granulacji 0,8÷1,4 mm.

5. OCZYSZCZARKI WIRNIKOWE STRUMIENIOWO - ŚCIERNE PRODUKOWANE W KRAJU

Jedynym krajowym producentem specjalizującym się w wykonywaniu oczyszczarek wirnikowych jest TECHNICAL Nowa Sól. Oczyszczarki produkowane są na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej opracowywanej przez inżynierów TECHNICAL. Obejmuje oczyszczarki standardowe oraz oczyszczarki specjalistyczne i specjalne.

Oczyszczarki standardowe

Pod pojęciem oczyszczarek standardowych rozumie się oczyszczarki o szerokim zastosowaniu sklasyfikowane w grupach określających ich budowę i zasadę działania.

Do oczyszczarek standardowych produkowanych przez TECHNICAL, należą

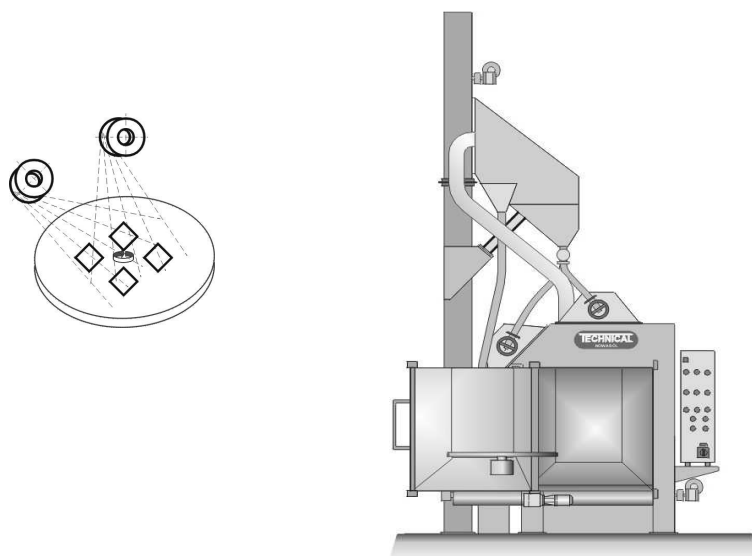
Oczyszczarki wirnikowe stołowe OWS:

W oczyszczarce wirnikowej stołowej oczyszczany przedmiot ustawiany jest na obrotowym napędzanym mechanicznie stole. W większości oczyszczarek stół zamocowany jest do drzwi kabiny roboczej. Wprowadzenie do kabiny stołu wraz z przedmiotem powoduje jednocześnie zamknięcie kabiny.

Program produkcyjny zawiera oczyszczarki o średnicy stołu od 900 mm do średnicy 2500 mm i nośności od 30 kN do 100 kN. Oczyszczarki stołowe wyposażone są od jednego do dwóch wirników rzutowych o mocy silników od 5,5 kW do 22 kW. Oczyszczarki te działają cyklicznie i służą do oczyszczania zróżnicowanego asortymentu produkowanego w średnich ilościach. Oczyszczane są też w nich niezbyt duże konstrukcje spawane. Większość oczyszczarek stołowych posiada zabudowane w tylnej części kabiny zespoły odciągu i filtracji powietrza.

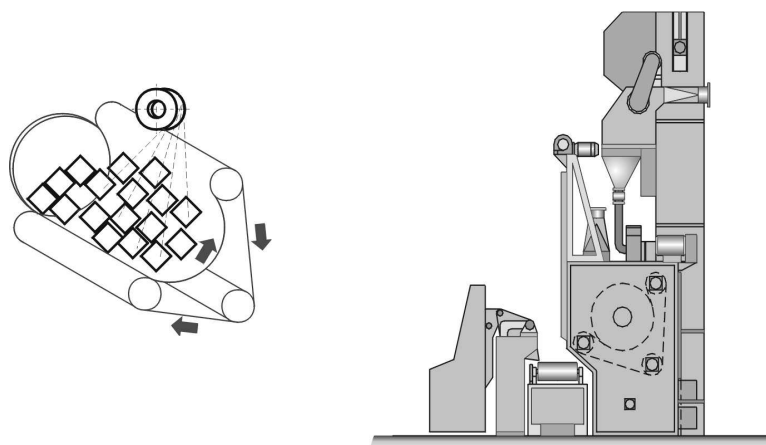
Odmianą oczyszczarek stołowych są oczyszczarki dwustołowe, gdzie kabina robocza wyposażona jest w dwoje drzwi ze stołami wprowadzanymi przemiennie do wnętrza kabiny.

Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej stołowej przedstawione są na Rys.13.



Rys.13. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej stołowej
Fig. 13 Operation principle and drawing of airless shot-blasting type type OWS.

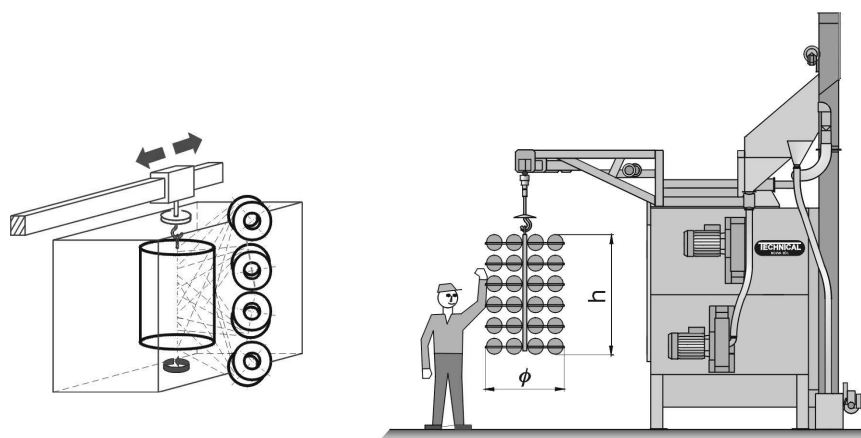
Oczyszczarki wirnikowe taśmowe OWT



Rys.14. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej taśmowej.
Fig. 14 Operation principle and drawing airless shot blasting type OWT.

Oczyszczarka wirnikowa taśmowa (Rys.14) posiada perforowaną taśmę gumową tworzącą w przestrzeni roboczej nieckę, w której znajdują się oczyszczane przedmioty. Przesuwająca się taśma powoduje wzajemne intensywne przemieszczanie się przedmiotów w strudze śrutu emitowanej przez umieszczony nad niecką wirnik rzutowy. Oczyszczanie następuje w wyniku oddziaływania śrutu, oraz wzajemnego ocierania przedmiotów. Przedmioty ładowane są do kabiny oczyszczarki mechanicznie za pomocą urządzenia załadunkowego. Rozładunek odbywa się również mechanicznie poprzez zmianę kierunku przesuwu taśmy. Oferowane są oczyszczarki o wielkości załadunku $0,12\text{m}^3$ i $0,4\text{m}^3$. Oczyszczarki wyposażone są w wirniki rzutowe o mocy napędu 7,5 W i 11 kW. Oczyszczarki wirnikowe taśmowe przeznaczone są do oczyszczania przedmiotów małych i średnich, głównie: odlewów, odkuwek, elementów po obróbce cieplnej itp.

OCZYSZCZARKI WIRNIKOWE HAKOWE OWH



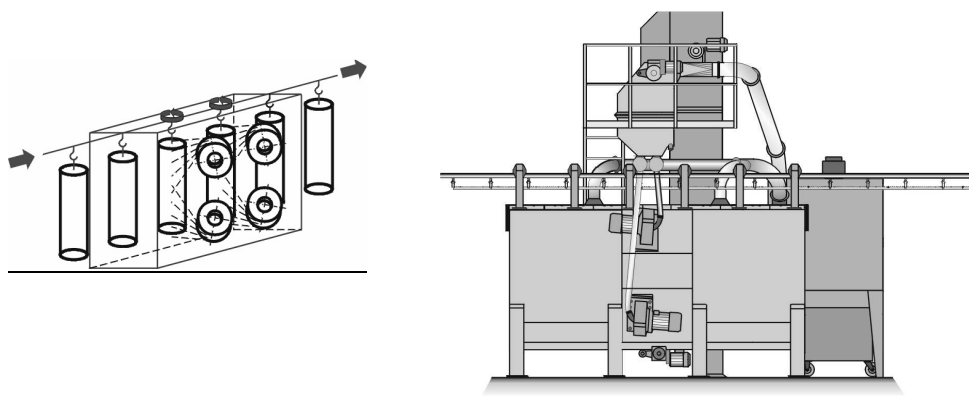
Rys.15 Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej hakowej.
Fig.15 Operation principle and drawing of airless shot blasting type OWH.

Oczyszczarki wirnikowe hakowe są oczyszczarkami nieprzejezdnymi. Wyposażone są w elektrowciąg służący do zawieszania i przemieszczania oczyszczanego przedmiotu.

Zawieszony na haku elektrowciągu przedmiot, jest w trakcie oczyszczania obracany mechanicznie. Oczyszczarki wyposażone są w wirniki rzutowe o mocy 7,5 kW, 11 kW i 22 kW w ilości od 2-ch do 6-ciu wirników.

Oczyszczarki wirnikowe hakowe przeznaczone są głównie do oczyszczania przedmiotów średnich i dużych, w tym odlewów i konstrukcji spawanych.

OCZYSZCZARKI WIRNIKOWE ZAWIESZKOWE OWZ OWZ/D



Rys.16. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej zawieszkowej.
Fig. 16 Operation principle and drawing of airless shot blasting type OWZ.

Oczyszczarki wirnikowe zawieszkowe są oczyszczarkami przelotowymi i współpracują z przenośnikami podwieszonymi dostarczonymi wraz z oczyszczarkami. Wózki przenośnika podwieszonyego wyposażone są w obracane mechanicznie zawieszki, na których zawieszane są oczyszczane przedmioty.

Odpowiednio do wielkości oczyszczanego przedmiotu, oczyszczarki wyposażone są na wejściu i wyjściu w elastyczne segmenty uszczelniające (OWZ), lub w zamykane i otwierane mechanicznie drzwi (OWZ/D). Oczyszczarki wyposażone są w wirniki rzutowe o mocy 7,5 kW, 11 kW i 22 kW w ilości od 2-ch do 6-ściu wirników. Oczyszczarki OW i OWZ/D pracują w

cyklu automatycznym i są przeznaczone do oczyszczania średniej wielkości przedmiotów produkowanych w średnich i dużych seriach, w tym odlewów, odkuwek, konstrukcji

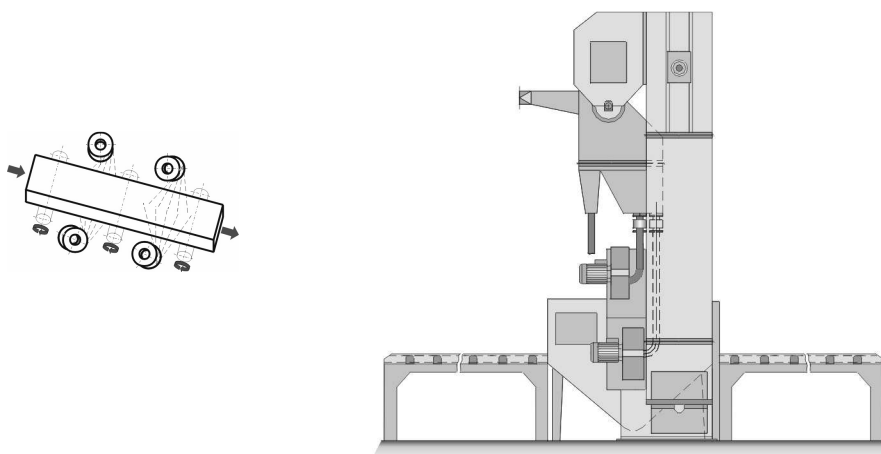
Rys. 17. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej bębnowej.
Fig 17 Operation principle and drawing of shot blasting barrel.

Oczyszczarka wyposażona jest w wielokątny napędzany mechanicznie bęben, służący do przemieszczania przedmiotów w trakcie oczyszczania. Oczyszczanie odbywa się w wyniku wzajemnego ocierania przedmiotów i oddziaływania strugi śrutu. Oczyszczarka posiada wirnik rzutowy o mocy napędu 7,5 kW. Oczyszczarka wirnikowa bębnowa przeznaczona jest do oczyszczania drobnych przedmiotów.

OCZYSZCZARKI WIRNIKOWE DO BLACH I PROFILI OBW

Oczyszczarki OBW są oczyszczarkami przelotowymi i wyposażone są w napędzane mechanicznie przenośniki rolkowe. Prędkość przenośników jest regulowana bezstopniowo odpowiednio do wymaganego stopnia czystości powierzchni i wydajności oczyszczania. Oczyszczarki wyposażone są w wirniki o mocy napędu 7,5 kW, 11 kW, 22 kW w ilości od 4-ch do 8-miu wirników. Oczyszczarki OBW przeznaczone są do czyszczenia blach, profili walcowanych, płaskich konstrukcji, a przy zastosowaniu palet mogą być również stosowane do drobnych płaskich elementów.

Zasadę działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej do blach i profili przedstawia Rys. 18

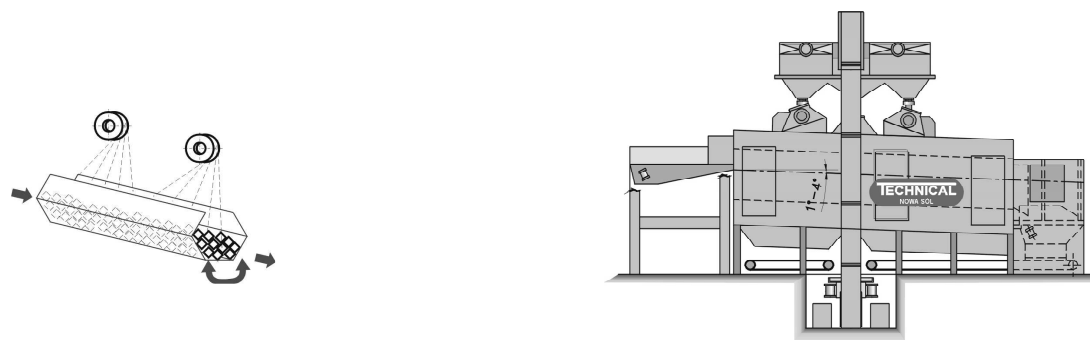


Rys. 18. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej do blach i profili.
Fig. 18 Operation principle and drawing of airless shot blasting for sheets and profiles.

OCZYSZCZARKA WIRNIKOWA RYNNOWA OWR

Oczyszczarka OWR jest oczyszczarką przelotową ciągłego działania. Wyposażona jest ona w długi wielokątny bęben pochylony pod odpowiednim kątem. W trakcie pracy bęben wykonuje ruch wahadłowy powodujący, że znajdujące się wewnątrz bębna przedmioty są wzajemnie przemieszczane w strugach śrutu i jednocześnie przemieszczane wzdłuż bębna. Oczyszczarki wyposażone są w wirniki rzutowe o mocy napędu 22 kW i ilości od 3-ch do 5-ciu wirników. Oczyszczarki OWR stosowane są do małych i średnich przedmiotów produkowanych w bardzo dużych ilościach, w tym głównie do odlewów i odkuwek.

Zasadę działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej rynnowej przedstawia Rys. 19



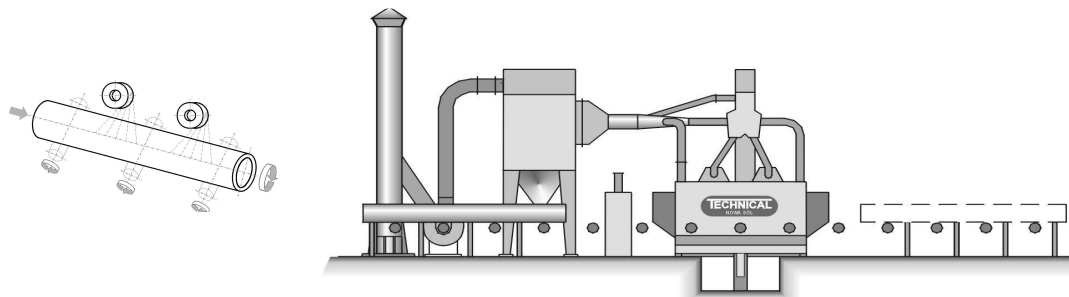
Rys. 19. Zasada działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej rynnowej.
Fig. 19 Operation principle and drawing of airless shot blasting type OWR.

OCZYSZCZARKI WIRNIKOWE DO RUR OR

Oczyszczarki OR są oczyszczarkami przelotowymi i wyposażone są w samotki o odpowiednich rolkach powodujących obrót oczyszczanych przedmiotów z jednoczesnym ich wzdłużnym przemieszczaniem. Prędkość przemieszczania przedmiotów jest regulowana bezstopniowo, odpowiednio do wymaganego stopnia czystości powierzchni i wydajności oczyszczania. Oczyszczarki wyposażone są w wirniki rzutowe o mocy napędu 11 kW i 22 kW i ilości od 1-go do 3-ch wirników.

Oczyszczarki OR przeznaczone są do oczyszczania powierzchni zewnętrznych rur i okrągłych prętów.

Zasadę działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej do rur przedstawia Rys. 20



Rys. 20. Zasad działania i rysunek konstrukcyjny oczyszczarki wirnikowej do rur.
Fig 20 Operation principle and drawing of airless shot blasting for pipes.

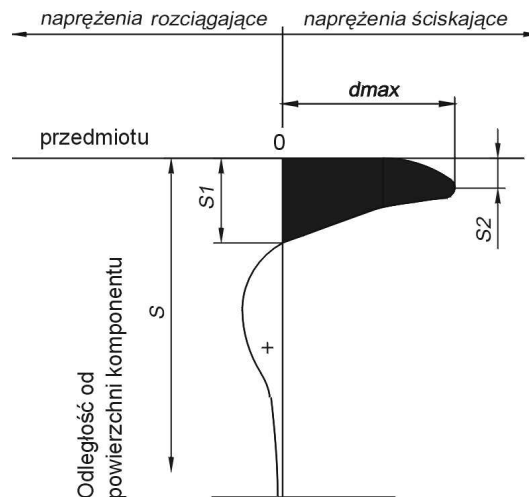
Przedstawione oczyszczarki zabezpieczają potrzeby przemysłu w zakresie standardowych urządzeń do czyszczenia powierzchni różnych przedmiotów produkowanych w małych i dużych ilościach.

Drugą grupą produkowanych oczyszczarek wirnikowych są oczyszczarki specjalne i specjalistyczne.

OCZYSZCZARKI SPECJALNE I SPECJALISTYCZNE

Są to oczyszczarki konstruowane i wykonane najczęściej do oczyszczania określonego przedmiotu, bądź bardzo wąskiej grupy przedmiotów. Celem stosowania oczyszczarek specjalnych i specjalistycznych jest najczęściej uzyskanie bardzo dużych wydajności oczyszczania przy jednocześnie możliwie najniższych kosztach eksploatacji. Oczyszczarki specjalne i specjalistyczne cechują się najczęściej wysokim stopniem automatyzacji pracy. Często oczyszczarki specjalne wyposażone są w manipulatory do przemieszczania

oczyszczanych przedmiotów. Oczyszczarki specjalne też są stosowane przy określonych warunkach, na przykład specjalnych wymaganiach dotyczących czyszczenia tylko wybranych powierzchni. Odrębną grupę wirnikowych obrabiarek strumieniowo-ściernych stanowią urządzenia do kulowania powierzchni. W procesie kulowania śrut uderza w obrabianą powierzchnię z prędkością do 80m/s wywołując trwałe kuliste wgniecenia na powierzchni obrabianego przedmiotu. Powoduje to powstanie w warstwie powierzchniowej metalu określonych napięć.



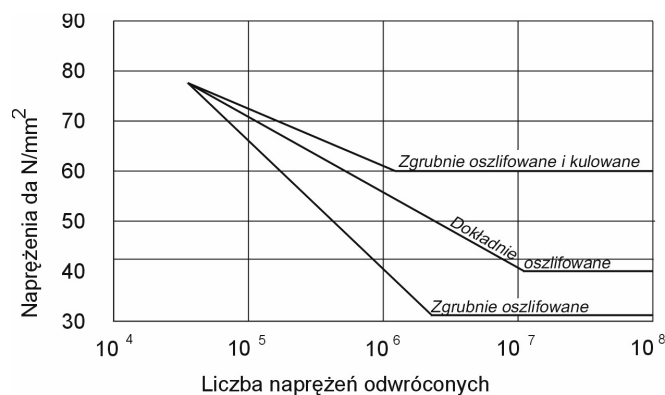
Rys. 21. Rozłożenie naprężeń ściskających i rozciągających w wierzchniej warstwie przedmiotu poddanego kulowaniu.

Rys. 21 Distribution of compressive and tensile stresses in outside layer of object put to shot peening.

Podana na rys. symbole, określają:

- δ_{max} - maksymalne naprężenie ściskające wywołane kulowaniem
- S_1 - grubość warstwy z powstałymi naprężeniami ściskającymi
- S_2 - grubość warstwy z powstałymi maksymalnymi naprężeniami ściskającymi

Utworzone metodą kulowania wstępne naprężenia ściskające łagodzą powstające w trakcie eksploatacji szczytowe naprężenia rozciągające, zwiększając w ten sposób trwałość kulowanych elementów.



Rys. 22. Wyniki prób wykonanych na płaskich próbkach o trwałości 45 HRC poddanych różnym obróbkom powierzchniowym.

Fig. 22 Results of tests made on plane samples of hardness 45 HRC put to different surface treatments.

Kulowanie stosowane jest głównie w produkcji przedmiotów poddawanych w trakcie ich użytkowania obciążeniom zmiennym, takich jak: sprężyny płaskie i spiralne, koła zębate, drągi wiertnicze, drążki skrętne i inne.

6. TENDENCJE ROZWOJOWE OCZYSZCZAREK WIRNIKOWYCH STRUMIENIOWO – ŚCIERNYCH

Prace rozwojowe nad oczyszczarkami wirnikowymi koncentrowały się i koncentrują się na następujących zagadnieniach:

- zwiększenie trwałości elementów wirników rzutowych poprzez wprowadzenie nowych gatunków żeliw stopowych i unowocześnianie technologii ich wykonywania, przy zachowaniu ogólnej konstrukcji wirników i zasady ich działania,
- zwiększenie skuteczności działania separatorów śrutu, głównie poprzez tworzone nowych rozwiązań konstrukcyjnych wielostopniowych separatorów magnetyczno – powietrznych,
- zwiększenie stopnia mechanizacji i automatyzacji pracy oczyszczarek,
- zwiększenie uniwersalności stosowania oczyszczarek wirnikowych, między innymi poprzez wprowadzenie płynnej regulacji wylotowej śrutu,
- wprowadzanie nowych konstrukcji oczyszczarek specjalnych i specjalistycznych o dużych wydajnościach i znacznym stopniu automatyzacji.

LITERATURA

1. J. ANDZIAK Przegląd nowoczesnych technologii przygotowania podłoża stalowego przed nałożeniem powłok ochronnych ze szczególnym uwzględnieniem metod bezodpadowych.
2. J. ŁEMPICKI, J. PARADYSZ; Oczyszczanie i wykańczanie odlewów żeliwnych i staliwnych.
3. S. KOMOROWSKI; Oczyszczanie i wykańczanie odlewów.
4. R. KOLMAN; Mechaniczne wzmacnianie części maszyn.
5. Materiały informacyjne firm:
TECHNICAL
GEORG FISCHER
SCHLICK
TILGHMAN WHEELABRATOR
PANGBORN
STRAHLTECHNIK
METALLTECHNIK SCHMIDT GMBH
WHEELABRATOR – ALLEVAR
KOVBRASIV

NOWE LINIE FORMIERSKIE DO PRODUKCJI ODLEWÓW Z ZASTOSOWANIEM FORMIEREK IMPULSOWO- PRASUJĄCYCH FT-65

F. PEZARSKI¹, I. IZDEBSKA SZANDA², E. SMOLUCHOWSKA³, CZ. RUDY⁴
^{1, 2, 3} Instytut Odlewnictwa, 30-418 Kraków, ul. Zakopiańska 73
⁴ PPP Technical Sp. z o.o., 67-100 Nowa Sól, ul. Zielonogórska 1A

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono opis działania i parametry eksploatacyjne nowych linii formierskich z zastosowaniem formierek impulsowo-prasujących FT-65 i FT-65A. Dzięki zastosowaniu formierek impulsowo-prasujących uzyskano bardzo dobre parametry technologiczne mas, dobrą jakość powierzchni odlewów i możliwość powtarzalnej seryjnej produkcji.

Podano przykładowe wyniki badań i parametry technologiczne uzyskane na poszczególnych węzłach linii doświadczalnej w Centrozap-Defka.

Key words: moulding machine , moulding line, impulse, squeeze

¹ mgr inż., asystent w Zakładzie Technologii IOD, fpez@iod.krakow.pl

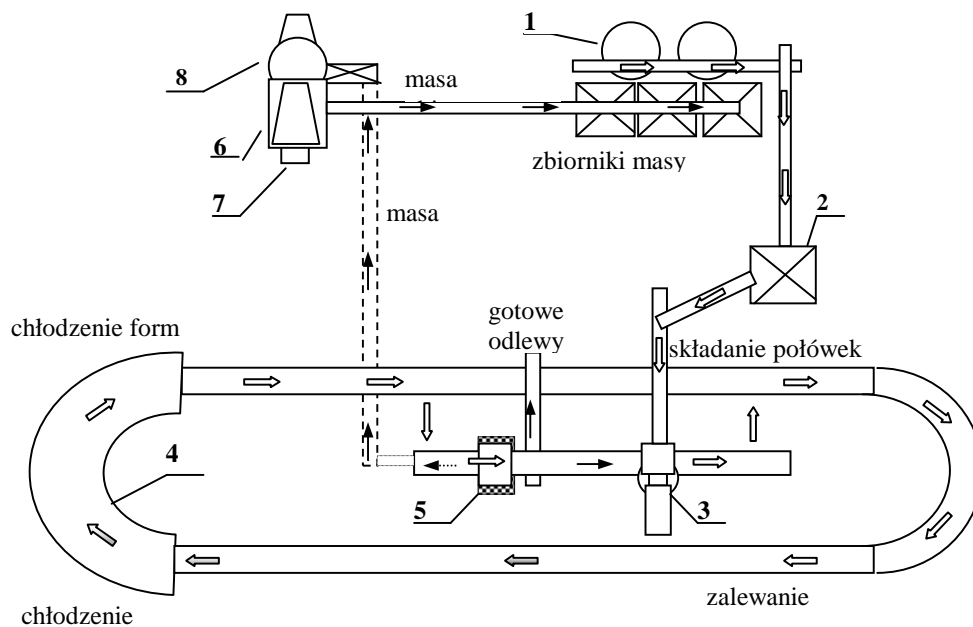
² mgr inż., asystent w Zakładzie Technologii IOD, iod@iod.krakow.pl

³ mgr inż., asystent w Zakładzie Technologii IOD, iod@iod.krakow.pl

⁴ mgr inż., Prezes TECHNICAL, zarzad@technical.com.pl

1. LINIA DO PRODUKCJI ODLEWÓW DLA PRZEMYSŁU MOTORYZACYJNEGO W CENTROZAP-DEFKA

Linie do produkcji odlewów złożoną z linii formowania i systemu sporządzania i przerobu mas formierskich przedstawiono na schemacie – rys. 1. Włączenie tej linii do produkcji odlewów w Centrozap Defka pozwoliło między innymi na osiągnięcie:
 - wzrostu wydajności formiarni, poprawy jakości masy formierskiej i możliwości stosowania masy jednolitej, - poprawy jakości powierzchni odlewów i ograniczenia ilości braków.



Rys. 1 Schemat technologiczny doświadczalnej linii formowania w odlewni Centrozap – Defka

Fig.1. Outlay of a pilot moulding line operating at Centrozap – Defka

1- mieszarki pobocznicowe, 2 - zbiornik świeżej masy formierskiej, 3 - formierka FT-65, 4 - tunel chłodzący na przenośniku rolkowym, 5 -wypycharka form z kratą do wybijania, 6 przesiewacz obrotowy, 7 - urządzenie do rozkruszania kawałków masy, 8 - chłodziarka szczelinowa

Charakterystyka techniczna doświadczalnej linii przedstawia się następująco:

- technologia formowania - niskociśnieniowe formowanie impulsowe z doprasowaniem
- wielkość skrzyni formierskiej w świetle: -600x500x150/150 mm
- wydajność linii - 32 formy/h
- cykl pracy formierki (wykonanie dwóch połówek formy) 66 s
- czas chłodzenia 150 min

Podstawowym urządzeniem linii jest formierka impulsowa FT-65 ze stołem obrotowym dwupozycyjnym, umożliwiającym równoczesne formowanie obu połówek formy. Skrzynki formierskie napełniane są masą podawaną z przenośnika taśmowego.

Gotowe półformy są układane na przenośniku wózkowym, gdzie odbywa się nanoszenie pokryć, zakładanie rdzeni oraz składanie i kłamrowanie form. Po złożeniu formy są transportowane przenośnikiem rolkowym na stanowisko zalewania. Zalane metalem formy wprowadzane są do tunelu chłodzącego. Po wychłodzeniu przenoszone są elektrowciągiem na przenośnik rolkowy i automatycznie wsuwane do wypycharki, w której zawartość form zostaje wypchnięta na kratę wstrząsową. Odlewy z kraty są odbierane przenośnikiem taśmowym do kontenerów, natomiast wybita masa formierska jest odprowadzana podziemnym układem przenośników taśmowych do stacji przerobu mas.

Masa wybita, po oddzieleniu części metalowych podlega przesianiu w przesiewaczu obrotowym, chłodzeniu w chłodzarce szczelinowej SML-10, a następnie kierowana jest do baterii zasobników magazynowych przy mieszarkach. Odsiewy z przesiewacza są kruszone i ponownie dostarczane przenośnikiem i elewateorem do przesiewacza. Masa formierska sporządzana jest w mieszarkach pobocznicowych i gromadzona w zbiorniku magazynowym.

2. LINIA FORMIERSKA DO ODLEWANIA KORPUSÓW SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH W FSE „TAMEL” TARNÓW

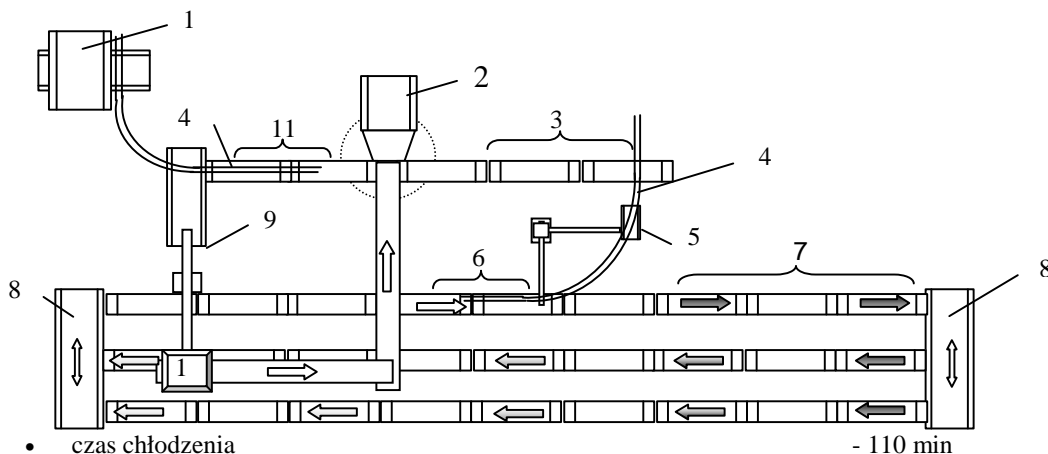
Przykładem nowoczesnej linii formierskiej wykonującej formy technologią formowania impulsowego z doprasowaniem jest linia formierska do produkcji korpusów silników elektrycznych w odlewni FSE „TAMEL” S.A. w Tarnowie –rys.2.

Linia ta wyposażona jest w formierkę impulsowo-prasującą typ FT-65A, oraz nowoczesny system sterowania elektronicznego oparty na sterownikach PLC. Formierka współpracuje z trzyliniowym przenośnikiem odlewniczym, pracującym w cyklu automatycznym.

Elementy te gwarantują wysoką jakość formy oraz wymaganą wydajność i rytmikę produkcji. Charakterystyka techniczna linii przedstawia się następująco:

- technologia formowania - niskociśnieniowe formowanie impulsowe z doprasowaniem
- wielkość skrzyni formierskiej w świetle: -600x500x250/250 mm
- wydajność linii - 40 form/h

- cykl pracy formierki (wykonanie dwóch połówek formy) 45s



- czas chłodzenia

- 110 min

Rys. 2 Schemat technologiczny linii formierskiej w odlewni żeliwa FSE „Tamel” – Tarnów

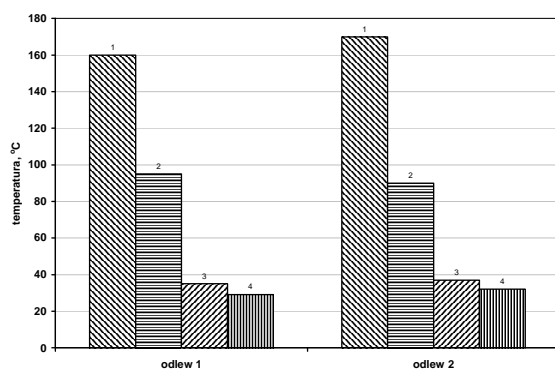
Fig. 2. Outlay of moulding line operating at FSE „Tamel” – Tarnów Iron Foundry

1- zbiornik masy świeżej, 2- formierka FT-65, 3- ścinanie nadmiaru masy i wiercenie układów wlewowych, 4- trawersa, 5- rdzeniowanie, 6- składanie i klamrowanie form, 7- stanowisko zalewania form, 8- przesuwnica, 9- rozklamrowywanie i zdejmowanie form, 10- wypycharka, 11- rozdzielanie skrzyń

3. BADANIA PROCESÓW FORMOWANIA, PRZEROBU I OBIEGU MAS FORMIERSKICH W LINII DOŚWIADCZALNEJ W CENTROZAP- DEFKA

Przy uruchamianiu poszczególnych węzłów technologicznych linii doświadczalnej prowadzono badania parametrów technologicznych masy formierskiej w tych węzłach, pozwalające na ocenę poprawności zastosowanego rozwiązania i wykonania. I tak np.:

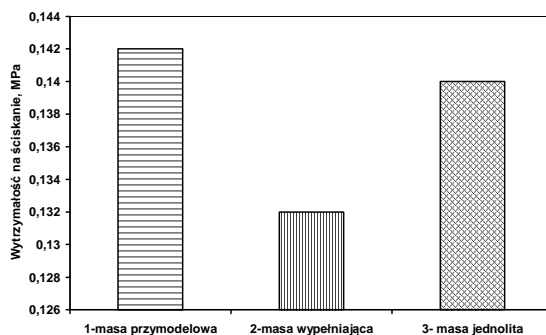
- Badania stopnia rozkruszenia w prototypowym urządzeniu do rozdrabniania odsiewów masy zwrotnej wykazały, że zastosowanie tego urządzenia pozwala na rozkruszenie odpadu do pojedynczych ziarn masy w pierwszym cyklu kruszenia w ilości 80%. Pozostałe 20% może być zwracane do ponownego kruszenia lub kierowane na odwał.
- Pomiary wykazały, że przy zastosowaniu chłodziarki SML-10, przy temperaturze otoczenia ok. 15°C uzyskuje się schłodzenie masy obiegowej o około 50 – 70% (wykres 1).



Wykres.1. Wykres skuteczności chłodzenia masy w chłodziarce przy produkcji dwóch rodzajów odlewów tarcz hamulcowych

Diagram.1. Sand cooling efficiency in cooler in production of two types of brake disk castings masa wybita, 2 – nadawa do chłodziarki, 3 – masa po chłodziarce, 4 – masa w zbiorniku

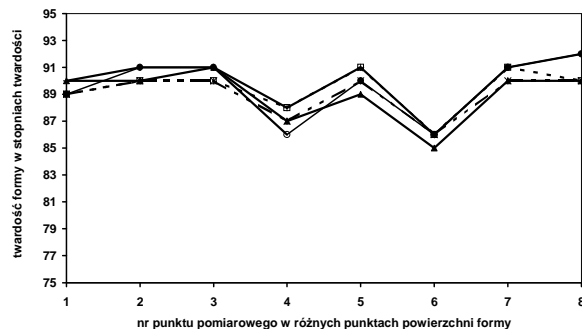
- W wyniku prób w miejsce masy przymodelowej i wypełniającej do wykonywania form wprowadzono masę jednolitą (wykres 2).



Wykres.2 Właściwości wytrzymałościowe masy przymodelowej, wypełniającej i jednolitej

Diagram2 Strength properties of facing sand, backing sand and system sand

- Próby wykonywania form metodą impulsową z doprasowaniem wykazały, że otrzymywane formy są dobrej jakości o wysokim i równomiernym zagęszczeniu (wykres 3).



Wykres 3. Stopień zagęszczenia masy w strefie przymodelowej dla pięciu serii pomiarowych
Diagram3. Facing sand compaction degree for five measurement series

- Próby wykonywania odlewów na linii doświadczalnej dla przemysłu motoryzacyjnego i kolejnictwa z żeliwa sferoidalnego GGG-40 zakończyły się wyprodukowaniem serii odlewów dobrej jakości i włączeniem linii do ciągłej eksploatacji produkcyjnej

LITERATURA

- F.Pezarski i inni: Projekt celowy nr 7 T08 B 101 97C/305
 CZ.Rudy i inni: Tendencje rozwojowe maszyn... IV Konf.Odl. Nowa Sól 2001r
 F.Pezarski i inni: Projekt celowy nr 7 T08B 2000C/4972

NEW MOULDING LINES FOR MANUFACTURE OF CASTINGS ON SQUEEZE-IMPULSE FT-65 MOULDING MACHINES

ABSTRACT

The paper describes the operation and operating parameters of new moulding lines using squeeze-impulse FT-65 and FT-65A moulding machines. Due to the application of these machines, very high technological properties of moulding sands were obtained along with high casting surface quality and the possibility of repeatable batch production. Examples of the results of investigation and technological parameters obtained on the individual work posts of a pilot line operating at Centrozap-Defka were also given.

REGENERACJA MAS FORMIERSKICH W REGENERATORZE LINIOWYM

H.SZLUMCZYK¹, J. GAWROŃSKI²
Politechnika Śląska - Katedra Odlewnictwa

STRESZCZENIE

W publikacji przedstawiono sposób oraz zmodyfikowany układ urządzeń dla potrzeb regeneracji osnowy mas formierskich z wykorzystaniem energii strumienia dwufazowego przemieszczanego pneumatycznie. W procesie badawczym realizowanym na stanowisku doświadczalnym wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego potwierdzona została przydatność proponowanych rozwiązań konstrukcyjnych elementów regeneratora liniowego dla potrzeb regeneracji osnowy mas alkidowych i cementowych. Dokonano również oceny skuteczności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych w warunkach badawczych.

Key words: pneumatic sand reclamation, linear regenerator

1. WPROWADZENIE

Regeneracja mas formierskich jest procesem stosowanym dla odzysku osnowy tych mas. Osnowę większości mas formierskich stanowi piasek kwarcowy. W procesach technologicznych sporządzania mas formierskich stosowane są spoiwa łączące ziarna osnowy, uniemożliwiające powtórne wykorzystanie składników mas w kolejnym cyklu wytwarzania odlewów. Są to spoiwa wiążące chemicznie np. szkło wodne, żywice, cement itp. Masy formierskie wytworzone z zastosowaniem takich spoiw są nieprzydatne w kolejnym cyklu. Podstawowym składnikiem mas jest osnowa, stanowiąca pow. 90% ich składu. Osnowa jest materiałem, który nie ulega zmianom w procesie wytwarzania odlewów i może być wykorzystana w kolejnych cyklach procesu technologicznego po jej regeneracji. Regeneracja osnowy mas formierskich polega na oczyszczeniu powierzchni ziarn z zestalonego spoiwa oraz usunięciu produktów oczyszczenia z struktury ziarnowej tej osnowy. Proces oczyszczania realizowany może być w sposób termiczny (spalanie zestalonego spoiwa w wysokich temperaturach np. żywic), w środowisku mokrym polegającym na wyflukiwaniu spoiwa oraz w środowisku suchym (realizacja usuwania spoiwa poprzez ścieranie z powierzchni ziarn osnowy w układach urządzeń mechanicznych lub pneumatycznych). Poszukiwania optymalnych metod regeneracji osnowy mas formierskich zmierzają w kierunku rozwiązań cechujących się wymaganą skutecznością przy zastosowaniu technologiczności układu urządzeń. Warunki te spełnia pneumatyczny sposób regeneracji z zastosowaniem regeneratora liniowego.

W regeneratorze liniowym wykorzystuje się sterowaną zmianę trajektorii ruchu cząstek osnowy przemieszczanych pneumatycznie w strumieniu dwufazowym. Efektem zmian kierunku przemieszczania jest ocierne oczyszczanie powierzchni ziarn osnowy w wyniku wzajemnych zderzeń cząstek oraz oddziaływania elementów konstrukcyjnych regeneratora wykonanych z tworzyw odpornych na zużycie ściernie.

¹ dr inż. Henryk Szlumczyk, Politechnika Śląska Katedra Odlewnictwa

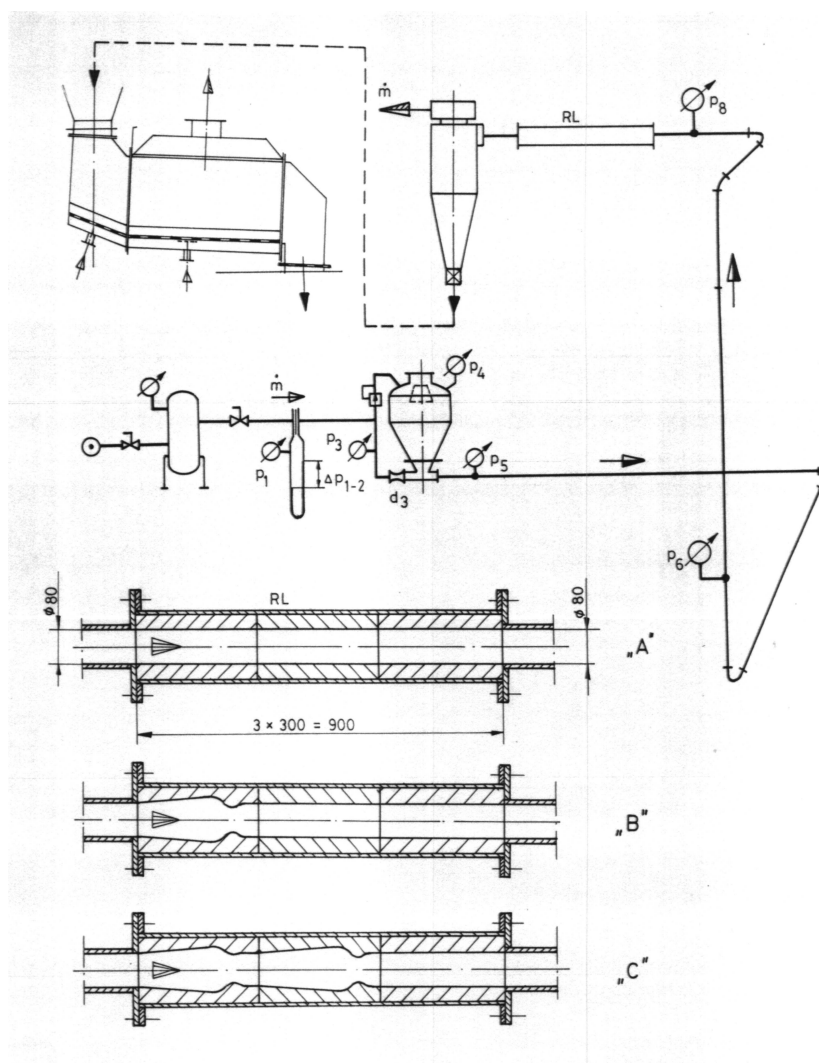
² prof. dr inż. Józef Gawroński, Politechnika Śląska Katedra Odlewnictwa

2. BADANIA PROCESU REGENERACJI

Badania przeprowadzono wykorzystując stanowisko doświadczalne wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego, wprowadzając do układu regenerator liniowy RL w końcowym odcinku rurociągu. Schemat układu badawczego przedstawiono na rys. 1.

Regenerator liniowy RL przystosowany do instalacji pneumatycznego przemieszczania w warunkach badawczych sprawdzony został dla trzech wariantów układu elementów (A, B, C) wywołujących ocierne oddziaływanie ziarn osnowy w strumieniu dwufazowym (powietrze transportujące i rozdrobniona masa formierska po wybiciu odlewu).

Układ badawczy wykorzystywany do prób regeneracji pneumatycznej przedstawiony na rys.2, wyposażono w podajnik komorowy wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego o pojemności użytecznej $V_u = 0,25 \text{ m}^3$, rurociąg transportowy o długości całkowitej $L_c = 22 \text{ m}$ z czterema łukami zmieniającymi kierunek przemieszczania, regenerator liniowy zabudowany w końcowym odcinku linii transportowej, urządzenie odbiorcze oraz zespół urządzeń pomiarowych i zasilających układ sprężonym powietrzem. Materiałem wyjściowym do procesu regeneracji była wybita z form (po wykonaniu odlewu), rozdrobniona i przesiana masa alkidowa. Do przesiewania stosowano sito o boku oczka 3 mm. Tak przygotowany materiał pneumatycznie przemieszczano w założonych warunkach przepływu strumienia dokonując pomiarów parametrów niezbędnych do określenia wymaganych wskaźników techniczno-eksploatacyjnych procesu (prędkości strumienia, masowej koncentracji mieszaniny, natężenia przepływu materiału).



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczo-pomiarowego regeneracji pneumatycznej.

Fig. 1. Scheme of testing and measurement stand for pneumatic reclamation.

Cechy konstrukcyjne elementów regeneratora liniowego określone zostały w wyniku badań, których celem była ocena skuteczności technologicznej (ocierne oczyszczanie powierzchni ziarn) przy zachowaniu niskich oporów przepływu strumienia dwufazowego. Elementy regeneratora liniowego wykonywane są z tworzywa odpornego na zużycie ściernie.

Przepływ strumienia dwufazowego (powietrze i rozdrobniona zużyta masa formierska) w określonych dla danego rodzaju spoiwa warunkach energetycznych, powoduje oczyszczanie powierzchni ziarn przemieszczanej pneumatycznie osnowy w wyniku ociernego oddziaływania cząstek względem siebie oraz o elementy regeneratora liniowego.

Efektom analiz teoretycznych są wytypowane do zastosowania dwa rozwiązania elementów regeneratora liniowego przedstawione na rys. 2.

Wytypowane do prób elementy regeneratora liniowego przystosowano do zastosowania w układach pneumatycznych, w których średnica rurociągu transportowego wynosi $D_n = 0,08\text{m}$. Na podstawie badań wstępnych określono, iż rozwiązanie I przedstawione na rys. 2 (rozbieżny element regeneratora liniowego) w porównywalnych warunkach przepływu strumienia dwufazowego cechuje się mniejszą skutecznością ociernego oczyszczania powierzchni ziarn w odniesieniu do rozwiązania II o ok. $10 \div 15\%$. Oceny tej dokonano wykorzystując rozdrobnioną zużyta masę alkidową.

Do dalszych badań potwierdzających skuteczność działania regeneratora liniowego oraz dla optymalizacji parametrów przepływu strumienia dwufazowego wytypowano rozwiązanie II, które sprawdzono w warunkach regeneracji mas alkidowych.

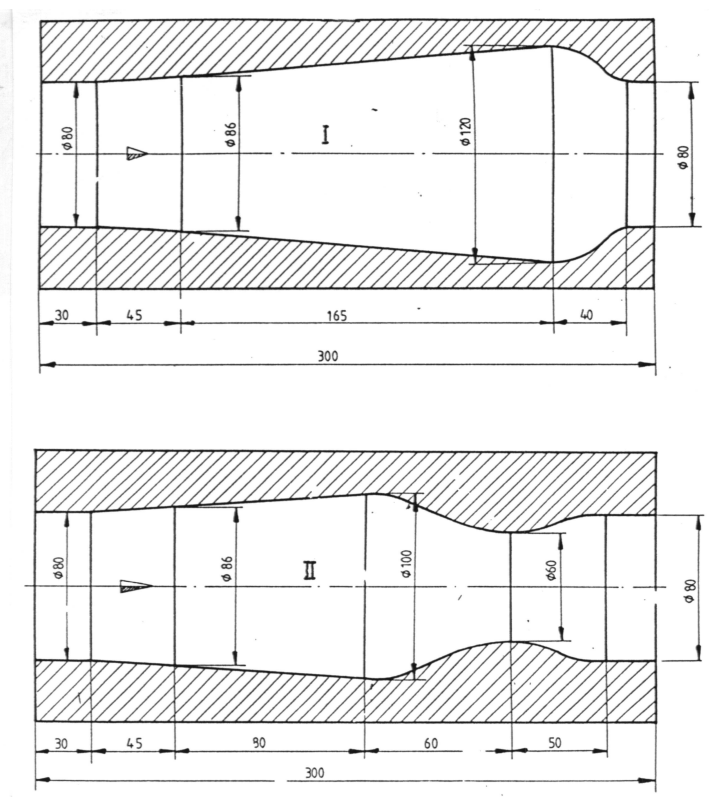
Badania skuteczności oczyszczania powierzchni ziarn osnowy w procesie regeneracji obejmowały wykonanie analiz sitowych oraz strat prażenia próbek pobieranych przed i po procesie.

Ponadto wykonano zdjęcia scanningowe obrazujące stan powierzchni ziarn osnowy w poszczególnych stadiach procesu. Materiałem porównywanym był świeży piasek kwarcowy stosowany jako osnowa w przygotowaniu mas alkidowych.

Wykonano również próby technologiczne z zastosowaniem regeneratu jako osnowy sporządzonych mas. Do prób technologicznych wykorzystano osnowę regenerowaną po jej odpyleniu, czyli usunięciu w procesie klasyfikacji frakcji pylastych. Proces odpylenia prowadzono w przepływowym klasyfikatorze fluidalnym.

Próby wykonano przy jednokrotnym przepływie strumienia przez regenerator liniowy i klasyfikator oraz dwukrotnym przepływie strumienia przez regenerator i jednokrotnym odpyleniu. Jakościowe parametry realizacji procesu oceniano na podstawie badań strat prażenia, porównując je z świeżym piaskiem stosowanym jako osnowę regenerowanych mas alkidowych.

Najkorzystniejsze efekty technologiczne uzyskano z zastosowaniem układu C, dwukrotnie zakłócającego przepływ strumienia. Każdy układ wymaga stosowania elementu prostego kończącego przepływ strumienia w regeneratorze liniowym i wykonanego z tworzyw odpornych na zużycie ściernie. Element ten stabilizuje warunki wypływu strumienia z regeneratora, ograniczając jego oddziaływanie na rurociąg transportowy. Zaburzenia przepływu strumienia w regeneratorze bez elementu prostego powodowały intensywne zużywanie się rurociągu transportowego przy wypływie z regeneratora.



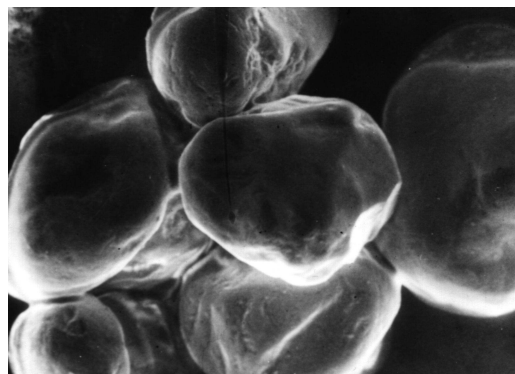
Rys. 2. Konstrukcyjne rozwiązania elementów regeneratora liniowego.
Fig. 2. Constructional solutions of the components of the linear regenerator.

Proponowane rozwiązanie pneumatycznego układu regeneracji osnowy mas formierskich nie zakłóca przepływu strumienia dwufazowego w sposób uniemożliwiający przemieszczanie w optymalnych warunkach prowadzenia procesu.

Efektywność technologiczna procesu (skuteczność oczyszczania powierzchni ziarn) oceniana przed i po regeneracji wynosiła ok. 60% przy jednokrotnym przepływie strumienia przez regenerator oraz ok. 85% przy dwukrotnym przepływie. Warunki przepływu były zbliżone w obydwu etapach badań. Optymalne wartości prędkości przepływu strumienia, gwarantujące prawidłowy przebieg ścierania zawierały się w granicach $w_8 = 25 \div 29$ m/s, przy koncentracji masowej mieszaniny $\mu_m = 18 \div 20$ kg/kg. Spadek ciśnienia na regeneratorze liniowym w podanych warunkach przepływu strumienia wynosił $\Delta p_r = 8 \div 10$ kPa.

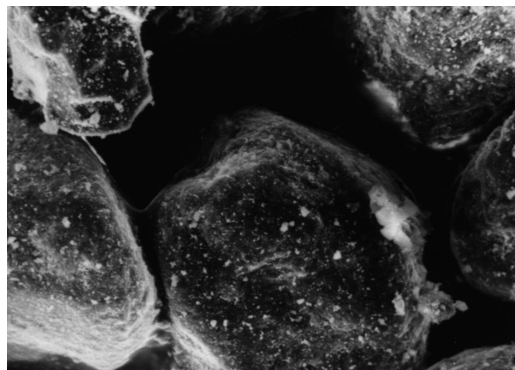
Zwiększenie efektywności układu regeneracji pneumatycznej wyposażonej w regenerator liniowy można uzyskać poprzez zastosowanie kilku zestawów regeneratora na instalacji transportowej.

Dla zobrazowania skuteczności oczyszczania powierzchni ziarn osnowy wykonano zdjęcia scanningowe przy powiększeniu 300x frakcji 0,16 mm.



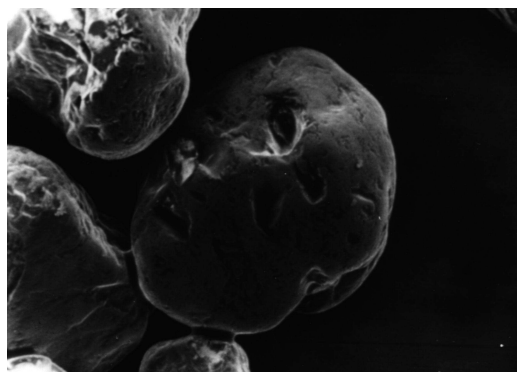
Rys.3. Zdjęcie scanningowe ziarn piasku świeżego (osnowy mas formierskich)

Fig.3. SEM photograph of fresh sand grains (sand grains in moulding sand)



Rys.4. Zdjęcie scanningowe ziarn rozdrobnionej osnowy przed regeneracją pneumatyczną.

Fig.4. SEM photograph of sand grains of reduced size before pneumatic reclamation.



Rys. 5. Zdjęcia scanningowe ziarn osnowy po regeneracji pneumatycznej.

Fig. 5. SEM photograph of sand grains after pneumatic reclamation.

Przy zbyt dużych wartościach prędkości przepływu strumienia dwufazowego w regeneratorsze liniowym ($w_8 > 45$ m/s) mogą występować na powierzchni ziarn osnowy zmiany wynikające z pękania ziarn i łuszczenia się.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione rozwiązanie regeneracji pneumatycznej osnowy mas formierskich systemu POLKO jest skutecznym sposobem oczyszczania powierzchni ziarn z zestalonego spoiwa pod warunkiem prawidłowego doboru parametrów przepływu strumienia, dostosowanych do konkretnej instalacji. Dla zwiększenia efektywności procesu regeneracji w analizowanym układzie urządzeń można zastosować wielokrotność regeneratora liniowego na rurociągu transportu pneumatycznego z zachowaniem optymalnych dla przebiegu regeneracji parametrów eksploatacyjnych.

LITERATURA

- [1] Piątkiewicz Z. *Transport pneumatyczny*. Wydawnictwo Pol. Śl. Gliwice 1999 r.,
- [2] Szlumczyk H., Homa D. *Analiza transportu pneumatycznego w aspekcie zastosowań technologicznych*. Transport przemysłowy 1/2000, Wydawnictwo Lektorium, Wrocław 2000,
- [3] Szlumczyk H., Jura S., Piątkiewicz Z., Janerka K. *Energetyczne aspekty procesu regeneracji osnowy mas formierskich z zastosowaniem regeneratora liniowego*. Międzynarodowa konferencja, Odlewnictwo 95, PAN-Katedra odlewnictwa Pol. Śl. Kielce 1995,
- [4] Praca zbiorowa. *Regeneracja pneumatyczna osnowy as alkidowych*, Praca badawcza nie publikowana, Gliwice 1993,
- [5] Szlumczyk H., Homa D. *Transport pneumatyczny w technologii regeneracji osnowy mas formierskich*. Transport Przemysłowy 4/2001, Wydawnictwo Lektorium, Wrocław 2001.

SUMMARY

This paper presents the way and modified system of devices for reclamation of moulding sand grains with employing the energy of the two-phase stream moved pneumatically. During the testing procedure carried out on an experimental stand for high-pressure pneumatic transportation the usability of proposed constructional solutions of linear regenerator components was confirmed for the purposes of reclamation of alkyd and cement moulding sand grains. Also the estimation of efficiency of applied constructional solutions was performed under testing conditions

CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH ZESPOŁÓW OCZYSZCZAREK STRUMIENIOWO-ŚCIERNYCH

A. FEDORYSZYN¹, P. ZYZAK²

Wydział Odlewnictwa AGH; 30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

STRESZCZENIE

Oczyszczanie ściernie jest metodą stosowaną najczęściej przy obróbce powierzchni odlewów. Efektywność oczyszczania zależy przede wszystkim od prędkości śrutu, przedstawiającej także energię kinetyczną czysciwa. W referacie omówiono wpływ parametrów konstrukcyjnych oraz eksploatacyjnych oczyszczarek wirnikowych na charakterystykę strumienia śrutu. Niektóre wyniki procesu oczyszczania zarejestrowano przy użyciu kamery do szybkich zdjęć.

W referacie omówiono także problematykę badawczą zespołów separacji śrutu. Wymienione badania są realizowane w ramach współpracy pomiędzy Wydziałem Odlewnictwa AGH a firmą TECHNICAL Nowa Sól.

Key words: cleaning of castings, shotblasting machines, research of operation parameters, blasting wheels, separators of abrasive shot

Charakterystyka urządzeń do oczyszczania strumieniowo-ściernego

W skład oczyszczarek wchodzi typowe zespoły wirników rzutowych oraz dodatkowe wyposażenie. Są to urządzenia transportu (obiegu) śrutu, separatory czysciwa i urządzenia odpylające, a ponadto zespoły przemieszczania odlewów wewnątrz komory roboczej. Zmiany położenia odlewów podczas czyszczenia, w stosunku do strumienia miotanego śrutu, uzyskuje się przez obroty stołu roboczego, bębnow, przemieszczanie taśmy (gumowej, metalowej) tworzącej nieckę, zastosowanie przenośników (rolkowych, walcowych-samotokowych, wibracyjnych) oraz użycie kolejki z zawieszkami przenośnika podwieszono lub elektrowciągu [8,9,11÷15].

Efektywność obróbki powierzchniowej odlewów zależy przede wszystkim od pracy zespołów rzutowych, miotających strumień śrutu. Zespoły rzutowe, to najczęściej wirniki z łopatkami rzutowymi, na które czysciwo doprowadzane jest przez kanały wirnika rozdzielającego w strefie ustalonej odpowiednim położeniem otworu tulei regulacyjnej. Znane są również inne sposoby miotania np. z użyciem wirujących cylindrów, do których doprowadzany jest śrut [11]. Śrut z naczyń jest wyrzucany odśrodkowo przez odpowiednio ukształtowane otwory. Praktyczne znaczenie mają jednak oczyszczarki śrutowe, wirnikowe.

Wirniki rozmieszczone są w przestrzeni roboczej, lub też i wzdłuż trasy urządzenia transportującego odlewy. Ilość wirników rzutowych dobiera się w zależności od rozległości komory roboczej [8,12].

W jeden wirnik rzutowy wyposażone są najczęściej oczyszczarki wirnikowe, taśmowe o objętości załadunku $0,12 \div 0,4 \text{ m}^3$ [9,12]. Wirniki rzutowe (o mocy 7,5 i 11,0 kW) miotają śrut stalowy, kulisty w ilości $120 \div 180 \text{ kg/min}$. Wydajność stosowanych w tego typu oczyszczarkach urządzeń odpylających wynosi $0,2 \div 1,66 \text{ m}^3/\text{s}$ [12].

Oczyszczarki wirnikowe, stołowe o objętości załadunku wynoszącej $0,05 \div 3,4 \text{ m}^3$ wyposażone są w 1 oraz 2 wirniki rzutowe. Moc napędu wirników wynosi 5,5 i 11 kW. Ilość wyrzucanego śrutu wynosi $120 \div 180 \text{ kg/min}$. Zużycie śrutu stalowego, kulistego o granulacji $0,8 \div 1,4 \text{ mm}$ wynosi $1,0 \div 3,0 \text{ kg/godz.}$ [12].

¹ dr hab. inż., alfa@uci.agh.edu.pl

² mgr inż.

Do oczyszczania odlewów stosowany jest śrut żeliwny, staliwny oraz stalowy cięty o granulacji $0,6 \div 1,6$ (2,5) mm [1÷3,8,9]. Ziarnistość śrutu powinna być dobierana w zależności od początkowego i żądanego (po oczyszczeniu) stanu powierzchni, jak też tworzywa oczyszczanych odlewów. Istotne jest aby stosować śrut jednorodny, o określonej wielkości ziaren i kształcie.

Trwałość śrutu żeliwnego jest niska; po 150 cyklach obiegu (150 wyrzutach z prędkością 80 m/s) ziarna kruszą się i wymagają wymiany [3]. Trwałość śrutu staliwnego wynosi $1700 \div 1800$ cykli, a stalowego wynosi 6500 cykli [1,2,8].

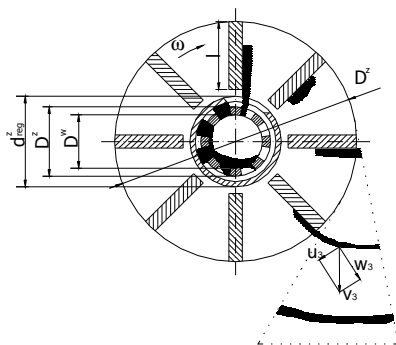
Badania zespołów rzutowych

Rozwiązania konstrukcyjne wirników różnią się głównie systemem mocowania łopatek do tarcz wirnika, szczegółami konstrukcyjnymi wirników rozdzielczych oraz tulei regulacyjnych. Z przeglądu danych literaturowych wynika, że udoskonalenia w konstrukcji i warunkach pracy zespołu rzutowego dotyczą [6÷8,11,14,15]:

- łopatek koła rzutowego, w tym ich kształtu, konstrukcji, ilości i rozmieszczenia; proponowane zmiany mają na celu zwiększenie ich trwałości, poprawę efektywności czyszczenia oraz poprawę warunków pracy (obniżenie hałaśliwości),
- elementów zespołu kierowania śrutu na łopatki rzutowe, celem zwiększenia efektywności oczyszczania, obniżenia energochłonności oraz zwiększenia trwałości łopatek; w nowych rozwiązaniach stosuje się koło rozdzielające umożliwiające wstępne przyspieszenie śrutu wprowadzanego na łopatki,
- ciągłej regulacji obrotów wirnika i zmiany ich położenia, w zależności od wielkości odlewów i tworzywa.

Wprowadzenie opisanych innowacji prowadzi, między innymi, do zwiększenia wydajności oczyszczania, zmniejszenia zużycia śrutu, a przez to znaczące zmniejszenie kosztów oraz poprawę warunków pracy [4].

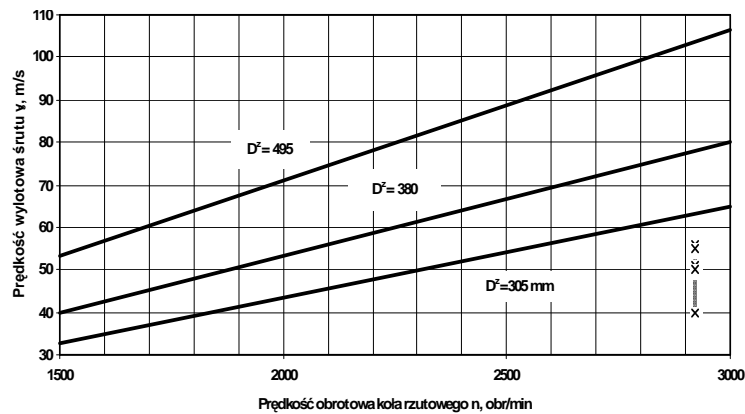
Strumień śrutu wyrzucany z wirnika, charakteryzowany jest średnią wartością prędkości oraz jej rozkładem. Strumień charakteryzowany jest również stopniem rozproszenia, zwiększającego się w miarę przebytej drogi przez śrut (rys.1).



Rys.1. Schemat zespołu rzutowego
Fig.1. Scheme of blasting wheels

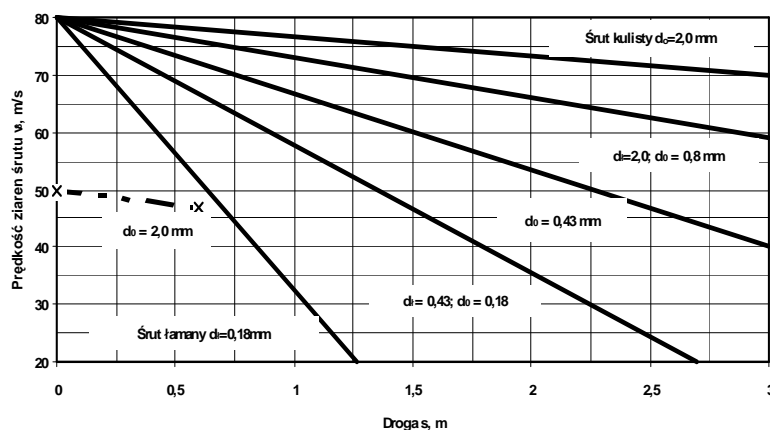
Turbina rzutowa	
TR-100	
średnica koła rzutowego D^z ,	
mm	300
obroty wirnika n , 1/min	2920
ilość łopatek i , szt	8
szerokość łopatek b , mm	75
strumień masy śrutu \dot{m} , kg/min	100

Prędkość wylotowa śrutu v_3 zależy głównie od prędkości obrotowej wirnika ω oraz średnicy koła rzutowego D^z (rys.2). Optymalny zakres wartości prędkości śrutu wynosi $50 \div 80$ m/s [9,12]. Prędkość ta zmniejsza się w miarę przebytej drogi (rys.3).



Rys.2. Zakres prędkości śrutu w zależności od wielkości koła rzutowego
Fig.2. Dependence between shot velocity and blasting wheel size

Parametry strugi śrutu zależą ponadto od szerokości łopatek rzutowych, kształtu i rodzaju ich powierzchni roboczych, wielkości i położenia okna wylotowego w tulei regulacyjnej, wielkości, kształtu i położenia szczelin wirnika rozdzielczego, natężenia podawania śrutu (wydajności) oraz rodzaju, kształtu i wielkości ziaren śrutu.



Rys.3. Zakres zmian prędkości śrutu
Fig.3. Variation of shot velocity

Badania zespołów rzutowych sprowadzają się głównie do wyznaczania energii strumienia śrutu przez rejestrację ruchu ziaren lub też rejestrację efektów czyszczenia. Stosowanie obu metod pozwala na opracowanie kompletnej charakterystyki procesu oczyszczania strumieniowo-ściernego.

W ramach badań zespołów rzutowych oczyszczarek przeprowadzono rejestrację miotania śrutu, przy użyciu kamery PHOTRON FASTCAM Super 10K (model 3000/3000C) współpracującej z komputerem. Zapisuje ona obraz cyfrowy z szybkością 30, 60, 125, 250, 500, 1000, 2000 i 3000 klatek/sekundę. Badania prowadzono na stanowisku badawczym (rys.4) turbiny rzutowej TR-100 f-my TECHNICAL w Nowej Soli. Dane techniczne turbiny TR-100 zamieszczono w tabeli, obok rysunku 1.

Wybrane wyniki badań zamieszczono na rysunkach: 2 (punkty) oraz 3 (linia przerywana).

Badania zespołów oczyszczania śrutu

Typ i rozwiązanie separatora dobierane jest w zależności od przeznaczenia oczyszczarki i jej wielkości [5,9,12,13]. Stosowane są separatory pneumatyczne: jednostopniowe i dwustopniowe oraz separatory magnetyczno-pneumatyczne.

Pierwszy etap rozdziału zanieczyszczonego śrutu realizowany jest najczęściej przy użyciu przesiewaczy bębnowych, obrotowych. Charakteryzują się one niską sprawnością ($0,6 \div 0,75$) i wydajnością oraz niewielką mocą napędu. Parametrami wpływającymi na przebieg rozdziału są: liczba obrotów bębna $n = 0,2 / \sqrt{R}$, 1/s (prędkość obwodowa bębna $v = 0,7 \div 1,0$ m/s), średnica bębna $2R$ oraz nachylenie bębna $\beta = 2 \div 10^0$, umożliwiające przemieszczanie się zanieczyszczeń wzdłuż osi bębna. Parametrem decydującym o efektach rozdziału tj. granicy i ostrości podziału jest wielkość oczek sita poboczniczy, przekraczająca wymiar śrutu.

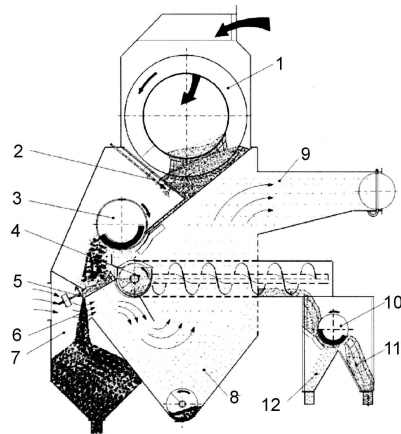
Separatory pneumatyczne, jednostopniowe stosowane są w małych i średnich oczyszczarkach (o max. 2 wirnikach rzutowych i mocy silnika napędowego wirnika do 11 kW) wykorzystywanych do oczyszczania różnych przedmiotów, z wyłączeniem odlewów wykonywanych w formach piaskowych [12].



Rys.4. Widok stanowiska badawczego
Fig.4. View of research stand

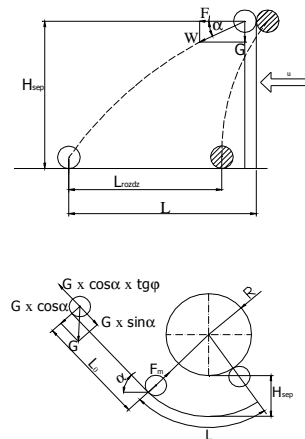
Separatory pneumatyczne, dwustopniowe stosowane są z reguły w oczyszczarkach o większej ilości wirników. Występują w oczyszczarkach odlewów wykonywanych w formach piaskowych. Ograniczeniem jest warunek, że masowy udział masy formierskiej w śrucie nie przekracza 15% [12].

Separatory pneumatyczno-magnetyczne (rys.5) przeznaczone są do instalacji w oczyszczarkach odlewów o powierzchniach średnio i silnie zanieczyszczonych, kiedy masowy udział piasku formierskiego w śrucie przekracza 15%. Ilość odcieranego powietrza przy separacji pneumatyczno-magnetycznej wynosi ok. $2 \div 3,5$ m³/s [8,12].



Rys.5a. Schemat separatora pneumatyczno-magnetycznego TECHNICAL [12]

Fig.4a. Scheme of pneumatic-magnetic separator, TECHNICAL [12]: 1-rotary screen, 2- adjustable gate, 3- magnetic drum I, 4-screw conveyor, 5-swelling flap, 6-air curtain, 7- receiver for cleaned shot, 8- receiver for impurities, 9- suction pipe, 10- magnetic drum II, 11- shot guided to separation, 12- impurities.



Rys.5b. Proces separacji w strumieniu powietrza oraz w polu magnetycznym

Fig.4b. Separation process in air stream and in magnetic field

Rozdział śrutu i zanieczyszczeń w separatorze pneumatycznym dokonywany jest przez odchylenie strumienia ziaren zanieczyszczeń wskutek naporu strumienia powietrza (rys.5b). Podczas przepływu strumienia powietrza, z prędkością u , ruch ziaren wywołują siły grawitacji G i naporu F . Zakładając, że ziarna śrutu oraz zanieczyszczeń mają jednakową wielkość (po przesianiu) i są kuliste można wyznaczyć wartości parametrów separacji:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{H_{\text{sep}}} = \frac{F}{G},$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\pi \times C_w \times u^2 \times \rho_p}{4 \times d \times (\rho - \rho_p) \times g},$$

gdzie: C_w - współczynnik oporu,

u - prędkość powietrza w m/s,

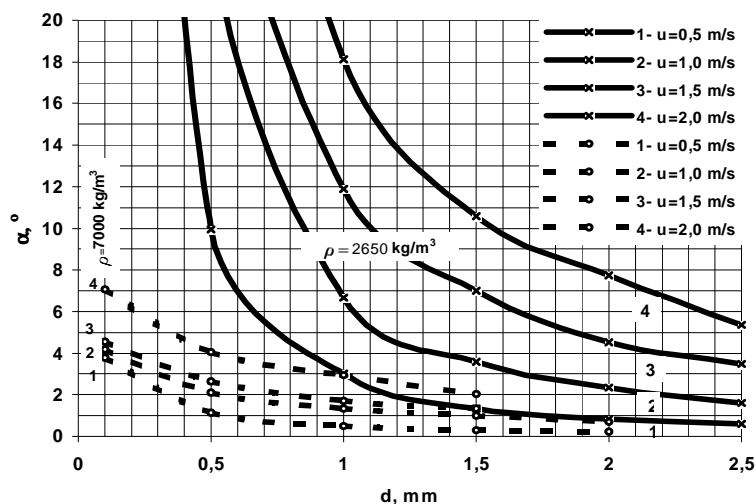
ρ_p - gęstość właściwa powietrza w kg/m^3 ,

d - wielkość ziaren odpowiednio śrutu $d_{\text{śr}}$ i zanieczyszczeń d_{zan} w m,

ρ - gęstość właściwa śrutu $\rho_{\text{śr}}$ i zanieczyszczeń ρ_{zan} w kg/m^3 ,

g - przyspieszenie ziemskie w m/s^2 .

Przyjmując do obliczeń odpowiednie zakresy wartości wymienionych wielkości opracowano nomogram (rys.6) dla wyznaczania odchylenia α strumienia ziaren .



Rys.6. Wpływ prędkości powietrza na parametry rozdziału
Fig.6. Influence of air velocity value on separation parameters

Analizując siły oddziałujące na ziarna śrutu w polu magnetycznym można wyznaczyć wymiary strefy separacji (rys.5b):

$$L = \frac{H_{\text{sep}} \times m \times g \times (\sin \alpha - f \times \cos \alpha)}{F_m - m \times g \times \cos \alpha - \frac{v_0^2}{R}},$$

gdzie: α - kąt nachylenia podajnika zanieczyszczonego śrutu w $^\circ$,

m - masa ziarna śrutu w kg,

R - promień bębna w m,

f - współczynnik tarcia,

v_0 - prędkość, z jaką ziarno śrutu wpada w strefę separacji w m/s.

Znając siłę magnetyczną, czyli iloczyn podatności magnetycznej ziaren (χ) i wielkości ($\frac{1}{2} \times \mu_0 \times \text{grad} H^2$) można obliczyć minimalną wartość podatności magnetycznej ziaren, trafiających do produktu frakcji magnetycznej, przy ustalonej prędkości bębna i natężenia pola magnetycznego.

Separator, w którym przeprowadza się zarówno przesiewanie śrutu, przedmuchiwanie powietrzem oraz rozdział w polu magnetycznym (rys. 5a) charakteryzuje się wysoką skutecznością wydzielenia produktów rozdziału, wynoszącą $S^{\text{śrutu}} = 99,9\%$ oraz efektywnością rozdziału $E^{\text{śrutu}} = E^{\text{zaniecz.}} = 99,2\%$. Uzyskano to przy ilości odciąganego powietrza wynoszącej $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz przy podciśnieniu w króćcu ssawnym rzędu 550 Pa . W omawianym urządzeniu zastosowano bębny magnetyczne o promieniu $R = 105$ i 158 mm , obracające się z prędkością $n = 58$ i 60 1/min [12].

Efekty działania, omówionych powyżej separatorów śrutu, decydują o wydajności i jakości oczyszczania. Sprawność separacji decyduje o trwałości elementów oczyszczarki, głównie części roboczych wirnika rzutowego [5,9,13]. Stwierdzono, że przy wzroście ilości zanieczyszczenia śrutu piaskiem do $1,5 \div 2,0\%$ trwałość łopatek spada o $80 \div 100\%$ [9]. Na ogół przyjmuje się, że maksymalna ilość piasku kwarcowego w śrucie nie powinna przekraczać $0,3 \div 1\%$.

W tej sytuacji, niezależnie od opracowywania nowych, odporniejszych tworzyw na łopatki, prowadzone są nadal prace dotyczące zwiększeniem efektywności działania separatorów.

Ocena pracy tych urządzeń rozdzielczych obejmuje wyznaczenie wskaźników skuteczności oraz efektywności procesu wydzielenia. Wartości wymienionych wskaźników wyznaczane są doświadczalnie w zależności od parametrów procesu przy użyciu własnych instalacji badawczych.

Instalacja badawcza klasyfikacji pneumatycznej obejmuje stanowiska klasyfikatorów przepływowych: kaskadowego, fluidyzacyjnego oraz wibrofluidyzacyjnego. Do rozdziału w polu magnetycznym przeznaczono stanowisko klasyfikatora magnetycznego z możliwością regulowania wartości natężenia pola magnetycznego. Przy użyciu tego klasyfikatora prowadzono badania rozdziału piasków różniących się właściwościami magnetycznymi [10].

Podsumowanie

Charakterystyki zespołów oraz problematyka badawcza z zakresu oczyszczania mechanicznego, strumieniowego w dalszym ciągu dotyczy opracowania lub wyznaczenia:

- wpływu parametrów strumienia śrutu na efekty oczyszczania: prędkości wylotowej, gęstości i wymiarów strumienia, kąta padania i odległości od wyrobu oraz czasu obróbki jednostkowej powierzchni,
- możliwych zmian w strukturze warstwy przypowierzchniowej odlewów z różnych tworzyw,
- rozwiązań napędu i doboru parametrów pracy (prędkości obrotowej, łożyskowania itp.) wpływających na warunki pracy, zwłaszcza na poziom emitowanego hałasu,
- tworzywa na szybko zużywające się elementy zespołu rzutowego tj. łopatek roboczych, tulei regulacyjnych oraz wirników rozdzielczych,
- doboru tworzywa i ziarnistości czyszcziwa oraz kształtu ziaren,
- metody oceny efektów pracy urządzeń do oczyszczania, separacji oraz klasyfikacji czyszcziwa.

Wyznaczenie większości z wymienionych parametrów ułatwia rejestracja przebiegu procesów, prowadzonych przy użyciu techniki szybkiego filmowania.

Wstępne badania, prowadzone w ramach współpracy z firmą TECHNICAL w zakresie wyposażenia stanowiska, wskazują na przydatność stosowanej techniki badawczej oraz możliwość efektywnego wykorzystania wyników.

Stanowiska badawcze oraz ich wyposażenie pozwalają również na prowadzenie kompleksowych badań z zakresu oczyszczania strumieniowo-ściernego zarówno dla potrzeb projektantów jak i użytkowników. Dotyczy to rozwiązań i efektów pracy zespołów rzutowych oraz separacji śrutu. Badania dotyczą również oceny trwałości czyszcziw oraz tworzyw elementów roboczych zespołów oczyszczarek strumieniowych.

LITERATURA

- [1] Baryłowicz I.: *Śrut staliwny produkcji Zakładów Metalurgicznych TRZEBINIA*. Przegląd Odlewnictwa, nr. 9, 1997, s. 290
- [2] Baryłowicz I. i in.: *Sterowanie jakością śrutu staliwnego za pomocą obróbki cieplnej w warunkach Zakładów Metalurgicznych TRZEBINIA*. Przegląd Odlewnictwa, nr. 9, 1997, s. 291
- [3] Bogusz A.: *Poprawa jakości śrutu do oczyszczania odlewów*. Przegląd Odlewnictwa, nr.1, 1989, s. 3
- [4] Cook C.: *Outsourcing Casting Cleaning & Finishing: A Cost – Effective Solution*. Modern Casting, nr.2, 2000, s. 41
- [5] Davies D.: *Controlling the blast cleaning process*. Incast. Vol. 8, nr. 7, 1995, s.16.
- [6] Fedoryszyn T.: *Problematyka badawcza metod oczyszczania powierzchni odlewów i oprzyrządowania*. Acta Metallurgica Slovaca, nr 3, rocznik 7. Košice, 2001, tom 1, s. 134.
- [7] Högel R.: *Wirtschaftliche Hängebahn-Strahlanlage*. Giesserei, t. 86, nr. 5, 1999, s. 112.

- [8] Katalogi i prospekty producentów maszyn i urządzeń odlewniczych: TECHNICAL, Georg Fischer Disa GmbH, Tilghman Wheelabrator, Wheelabrator Allevarud oraz producentów śrutu.
- [9] Łempicki J., Paradysz J.: *Oczyszczanie i wykańczanie odlewów żeliwnych i stalowych*. WNT. Warszawa, 1979.
- [10] Olszowski T., Fedoryszyn A.: *Metody separace chromitu od regenerovannoho kremenneho pisku*. Slevarenstvi, nr.3, 1990, s. 106.
- [11] Opisy patentowe: *Urządzenie wirnikowe miotające materiał ziarnisty 142 881; Oczyszczarka wirnikowa 156 792; Pozioma śrutowa oczyszczarka wirnikowa 131 988; Wirnik rzutowy oczyszczarki śrutowej 142 099; Łopatka wirnika rzutowego oczyszczarki 92 264 i 94 815; Łopatka rzutowa wirnika oczyszczarki śrutowej 141 554 i 141 555*.
- [12] Piosik T.: *Wirnikowe oczyszczarki strumieniowo – ściernie*. Materiały Sympozjum „Metody i środki do strumieniowo-ściernego przygotowania podłoży metali pod powłoki ochronne”. Instytut Mechaniki Precyzyjnej. Hajnówka, 2001, s. 89.
- [13] Van den Hoogen F.: *Wirtschaftlich Strahlen durch effektive Separierung*. Giesserei-Praxis, nr. 23/24, 1992, s. 21
- [14] Waninger D.: *GIFA '99- Einrichtungen für die Putzerei*. Giesserei, t.86, nr. 12, 1999, s. 46
- [15] Waninger D.: *Jahresübersichy Putzverfahren und – einrichtungen (36. Folge)*. Giesserei, t.87, nr. 1, 2000, s. 65

Opracowano w ramach realizacji pracy 11.11.170.109

CHARACTERISTIC OF THE BASIC MECHANICAL SYSTEMS OF SHOT-BLASTING MACHINES

ABSTRACT

Castings surface cleaning is the most often carried out by abrasive blasting method. Cleaning effectiveness depends mainly on shot velocity representing also kinetic energy of shot grains. In the paper influence of design and exploitation parameters of blasting machine on the shot stream parameters has been discussed. Some research results of blasting process performed with the aid of high-speed video camera has been given.

The testing problems of shot separators using different methods of operation like screening, magnetic or pneumatic separation has been presented.

The mentioned above research area is the subject of cooperation between Faculty of Foundry Engineering, UMM Kraków and TECHNICAL Nowa Sól.

PORÓWNANIE METOD FORMOWANIA STRUMIENIOWEGO

K. SMYKSY¹

Wydział Odlewnictwa AGH, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

Współczesne maszyny formierskie charakteryzują się zespołem szeregu korzystnych cech. Można wśród nich wymienić: bardzo dobre efekty technologiczne wykonywanych form, dużą wydajność, wysoki poziom automatyzacji i niezawodność. Odpowiednia gęstość form i jej korzystny rozkład uzyskiwane są dzięki stosowanym metodom zagęszczania. Obecnie stosowane jest zwykle zagęszczanie dwustopniowe. Największe rozpowszechnienie zyskały maszyny realizujące proces zagęszczania strumieniowego (o zróżnicowanej dynamice przepływu powietrza) z następnym doprasowaniem. W artykule scharakteryzowano dwie podstawowe odmiany formowania strumieniowego: proces Seiatsu oraz formowanie impulsowe. Porównano efekty formowania oraz maszyny realizujące powyższe procesy zagęszczania.

Key words: air flow and impulse moulding methods, moulding machines, comparison of compaction results

1. WSTĘP

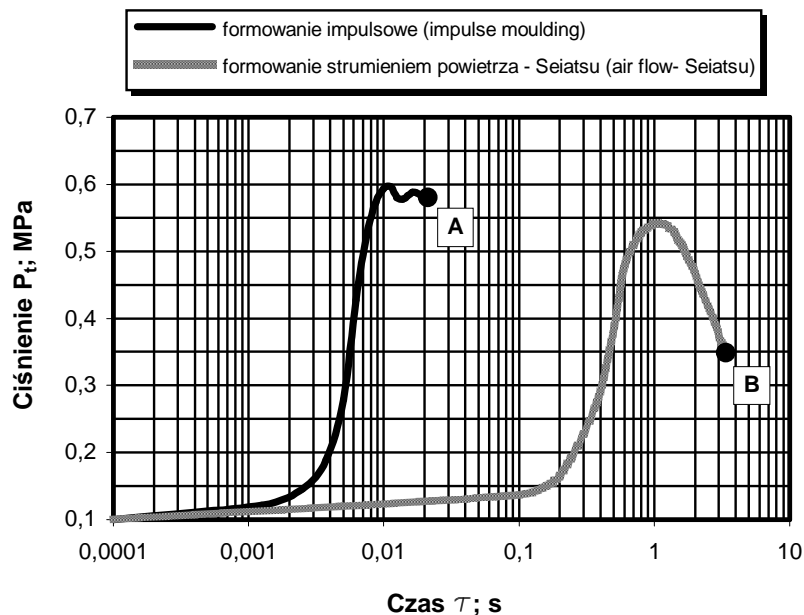
Rozwój w dziedzinie maszyn formierskich jest szczególnie widoczny. Wśród formierek przeznaczonych do formowania skrzynkowego dominują maszyny zagęszczające masę formierską bezpośrednim działaniem strumienia powietrza z ewentualnym późniejszym doprasowaniem. Ze względu na czynnik roboczy i sposób jego działania maszyny te można objąć ogólną nazwą formierek strumieniowych. W grupie tych maszyn utrzymuje się „historyczny” podział na formierki o małej dynamice narastania ciśnienia w przestrzeni nad masą, do których można zaliczyć maszyny firmy

¹ dr inż., ksmyksy@agh.edu.pl

Heinrich Wagner Sinto (tzw. proces SEIATSU) czy Kuenkel Wagner (proces AIRPRESS) oraz maszyny impulsowe czy impulsowo-prasujące np. firmy TECHNICAL (formierki serii FT). Formierki impulsowe realizują proces strumieniowy o znacznie większej dynamice przepływu powietrza [9]. Różnica w konstrukcji obu grup maszyn dotyczy głównie rozwiązań zespołów zaworowych [1]. Obecnie dostępna jest bardzo duża ilość materiałów źródłowych opisujących powyższe metody formowania [5]. Poniżej, bazując na wybranych materiałach źródłowych starano się w syntetyczny sposób scharakteryzować i porównać wymienione, dwie podstawowe metody formowania strumieniowego.

2. CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH METOD FORMOWANIA STRUMIENIOWEGO.

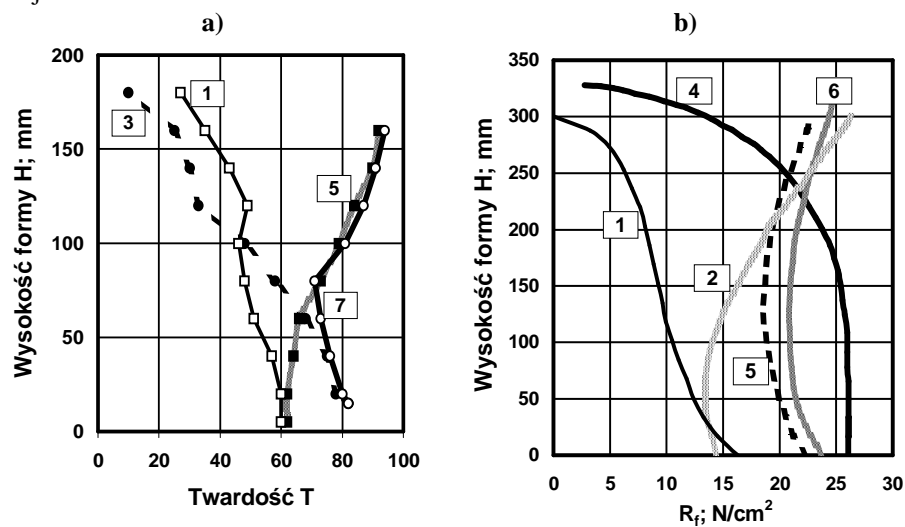
Przebieg ciśnienia. Decydujący wpływ na efekty formowania strumieniowego ma przebieg ciśnienia w przestrzeni nad masą formierską. Ze względu na zróżnicowanie dynamiki przepływu powietrza (mające oczywiście swój wyraz w rozmiarach i szybkości działania zaworów strumieniowych formierek) wspólne przedstawienie przebiegów czasowych ciśnienia dla obu grup maszyn możliwe jest jedynie w skali półlogarytmicznej – rys.1.



Rys.1. Przebiegi czasowe ciśnienia P_t w przestrzeni nad masą formierską w procesach formowania impulsowego – A oraz strumieniem powietrza (Seiatsu) – B.

Fig.2. Time run of air pressure P_t above the sand in impulse moulding – A and air flow moulding (Seiatsu)- B.

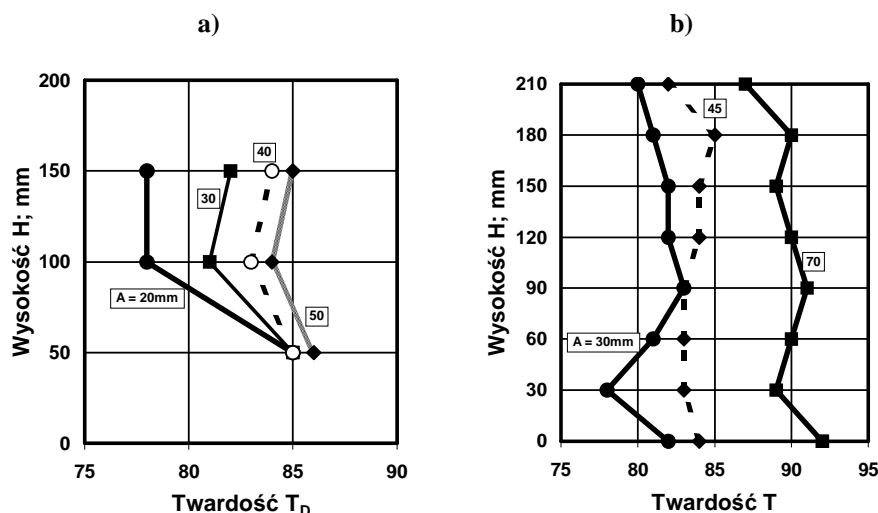
Na rysunku zaznaczono głównie fazę napełniania przestrzeni technologicznej (przerwanie przebiegu w punktach końcowych A i B). Poza wartością maksymalnego ciśnienia osiąganego w przestrzeni technologicznej (porównywalnego dla obu metod: Seiatsu i impulsowej) jako drugi parametr charakteryzujący przebieg wymienia się szybkość narastania ciśnienia. W procesie Seiatsu jest ona rzędu kilku MPa/s; w procesie impulsowym rzędu kilkudziesięciu MPa/s. W maszynach realizujących obie metody z reguły istnieje możliwość zmiany ciśnienia wyjściowego w zbiorniku powietrza (głowicy impulsowej). Jednak do sterowania przebiegiem procesu zagęszczania wykorzystywana jest ona głównie w procesie impulsowym. Stwarzającym pod tym względem większe możliwości. W procesie strumieniowym o małej dynamice sterowanie przebiegiem zagęszczania odbywa się głównie przez dobór umiejscowienia i wielkości odpowietrzeń (pełniących kluczową rolę w tej metodzie zagęszczania). W klasycznej metodzie impulsowej odpowietrzeń nie są wymagane lub są znacznie mniejsze.



Rys.2. Rozkłady twardości [3]- a) i wytrzymałości form [2] b) zagęszczanych strumieniowo w porównaniu z innymi metodami; 1- wstrząsanie 2- prasowanie (naciski jednostkowe 1,2 do 1,4 MPa), 3- wstępne zagęszczanie strumieniem powietrza, 4- zagęszczanie impulsowe, 5- wstrząsanie z doprasowaniem, 6- wibracja z prasowaniem (naciski jednostkowe 0,8-1,0 MPa), 7- zagęszczanie strumieniem powietrza z doprasowaniem (Seiatsu).

Fig.2. Mould hardness distribution [3] -a) and mould strength distribution [2]- b) in moulds compacted by air flow and impulse methods in comparison with another methods; 1- jolting, 2- squeezing (unit pressure: 1,2 to 1,4 MPa), 3- air flow (pre-compaction in Seiatsu), 4-impulse, 5- jolting and squeezing, 6-vibration with squeezing (unit pressure: 0,8 to 1,0 MPa), 7- air flow and squeezing (Seiatsu),

Efekty formowania. W obu metodach podkreśla się [1,2,5,6] otrzymywanie równomiernego i wysokiego zagęszczenia, korzystnie prezentującego się na tle innych metod formowania – rys. 2. Jednak jedynie w metodzie impulsowej może być stosowany proces jednostopniowego zagęszczania. W metodzie Seiatsu musi być stosowane doprasowanie. Uzyskuje się w obu przypadkach dobre efekty zagęszczania w trudnych technologicznie miejscach formy- rys.3.



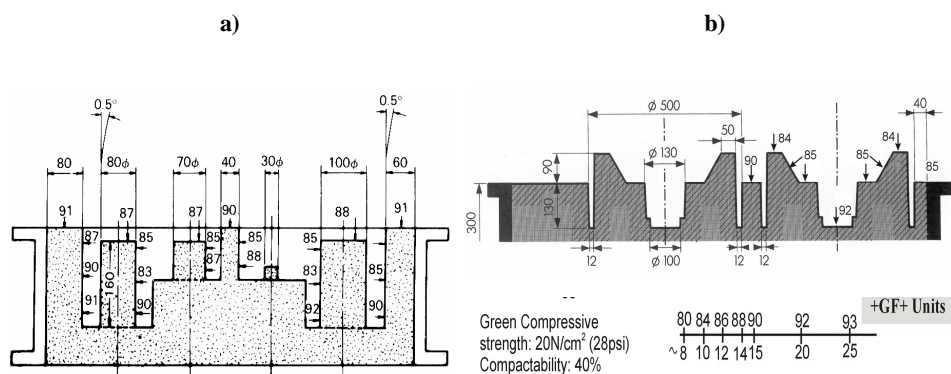
Rys.3. Rozkłady twardości T wzdłuż wysokości H ścian pionowych formy w zależności od odległości modelu od ściany skrzyni formierskiej A: a) proces Seiatsu, HWS [3,5], b) proces impulsowy (Conturimpuls), Formtec [5].)

Fig.3. Distribution of mould hardness T along the height H of vertical mould wall in dependence of model to flask distance A: a) Seiatsu process, HWS [3,5], b) impulse process (Conturimpuls), Formtec [5].)

Ta zaleta jest szczególnie podkreślana w metodzie Seiatsu. Można stwierdzić, że dzięki nowym odmianom procesu formierki impulsowe pozwalają osiągać równie dobre efekty pod względem tego kryterium. Wśród tych odmian można wymienić zagęszczanie podwójnym impulsem, stosowanie wyraźnie zróżnicowanej dynamiki przebiegu ciśnienia (systemy dwu-zaworowe), stosowanie przegród perforowanych pomiędzy zespołem zaworowym a powierzchnią swobodną masy itp. [1,9]. Nie zawsze odmiana procesu musi wiązać się z zasadniczą zmianą konstrukcji maszyny.

O porównywalnych efektach formowania w obu metodach świadczą przedstawiane często w materiałach prospektowych rysunki form, wykonanych dla konkretnych odlewów, z naniesionymi wynikami pomiarów twardości powierzchniowej lub wytrzymałości form (tester PFP, firmy +GF+). Przykład tego typu sposobu przedstawiania efektów formowania zamieszczono na rysunku 4. Skala pomocnicza z

rysunku 4b, umożliwia przybliżone porównanie pomiarów dokonanych twardościomierzem lub testerem PFP (przydatne w przypadku analizy danych z rys.1).



Rys.4. Przykłady efektów formowania metodą: a)- strumieniem powietrza z doprasowaniem (SEIATSU, Heinrich Wagner Sinto [3,5]), b)-impulsowo (IMPACT-AIR-PLUS, DISA Georg Fischer +GF+[5]).

Fig.4. Example of moulding results in moulds compacted by: a)- air flow and squeezing (SEIATSU, Heinrich Wagner Sinto [3,5]), b)- air impulse (IMPACT-AIR-PLUS, DISA Georg Fischer +GF+[5])

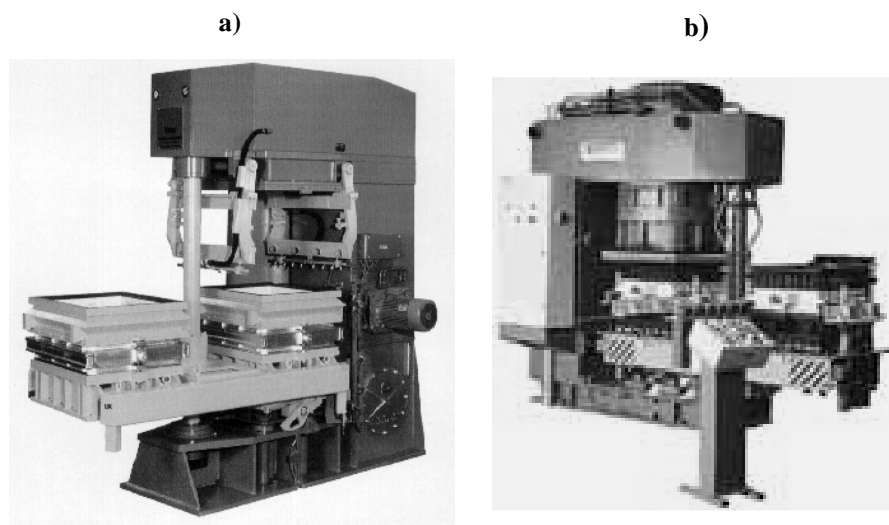
Maszyny formierskie. Porównanie dwóch metod formowania nie może być prowadzone w oderwaniu od mechanizacji procesu. Na rysunku 5 przedstawiono dwie maszyny - przedstawicieli formierek stosujących obie omawiane metody formowania. Formierkę HSPD, firmy Heinrich Wagner Sinto – realizującą proces strumieniowy o małej dynamice z doprasowaniem (Seiatsu) oraz formierkę FT firmy TECHNICAL-realizującą proces impulsowy z doprasowaniem [6,7]. Widoczne jest duże podobieństwo w ogólnym układzie maszyn (system wymiany płyt modelowych). Maszyna firmy HWS przedstawiona jest w korzystnym ujęciu –zasłonięty jest duży zbiornik ciśnieniowy, stanowiący charakterystyczne wyposażenie tego typu maszyn. Jest to jedna z przyczyn większych wymiarów gabarytowych tej formierki w porównaniu z maszyną impulsowo- prasującą (w porównywalnych wymiarach typoszeregu). Odpowiadające sobie trzy maszyny typoszeregu (HWS i FT) praktycznie nie różnią się wymiarami skrzyń formierskich w świetle –od ok. 600x500 do 1000x800. Formierka HWS instalowana jest poniżej poziomu odlewni – wynika to głównie z odmiennej koncepcji oddzielania modelu od formy – korzystny układ oddzielania, okupiony jest większymi nakładami związanymi z instalacją formierki oraz jej zwiększonymi wymiarami gabarytowymi. Bardzo bliskie są wartości zastosowanych w obu rodzajach maszyn nacisków jednostkowych [5]. Należy mieć jednak na uwadze, możliwe do osiągnięcia, znacznie wyższe średnie zagęszczenie podczas procesu

impulsowego – rys.2. Pomimo wyraźnie krótszego czasu zagęszczania wstępnego przy formowaniu impulsowym – rys.1, nie jest to decydujący czynnik o wydajności formierki. Ponadto przebiegi na rysunku 1, nie uwzględniają całego cyklu opróżniania przestrzeni technologicznej (przerwanie w punktach A i B). Katalogowe wydajności obu formierek są porównywalne (średnio 50 form/ h). Z punktu widzenia parametrów przebiegu ciśnienia- osiągane są bliskie sobie wartości ciśnienia maksymalnego w przestrzeni technologicznej (przy porównywalnej ich objętości), energochłonność obu grup maszyn powinna mieć również zbliżone wartości [8].

W obu grupach maszyn spełnione są wymagania odnośnie poziomu emisji hałasu – poniżej 85 dB (A) [1].

Podobny dla obu maszyn jest również zakres ich wykorzystania, formierki te mogą pracować zarówno w zmechanizowanych gniazdach formowania jak i w liniach formierskich.

Dostępność na rynku nowoczesnych układów i elementów sterowania pozwala ocenić, że również w tym zakresie poziom wyposażenia maszyn jest porównywalny. Z punktu widzenia przebiegu procesów zagęszczania w obu rozwiązaniach zapewniona jest regulacja ważnych dla osiągnięcia odpowiednich efektów technologicznych parametrów.



Rys. 5. Maszyny formierskie realizujące procesy formowania strumieniowego z doprasowaniem: a) HSPD- Heinrich Wagner Sinto (proces Seiatsu) [5], b) FT- TECHNICAL, Nowa Sól (proces impulsowy z doprasowaniem) [5,7].

Fig. 5. Moulding machines using air stream compaction and squeezing: a) HSPD- Heinrich Wagner Sinto (Seiatsu process) [5], b): FT- TECHNICAL, Nowa Sól (air impulse and squeezing) [5,7].

3. PODSUMOWANIE

Współczesne maszyny formierskie charakteryzują się bardzo zbliżonym poziomem technicznym. Miarodajna ocena i porównanie stosowanych obecnie metod formowania wymaga wnikliwej analizy i dużej znajomości fizycznej strony realizowanych procesów zagęszczania. Rozwój układów sterowania formierek stwarza możliwość ich pracy według różnych wariantów formowania w celu osiągnięcia optymalnych efektów technologicznych – fakt ten również utrudnia wskazanie najlepszego rozwiązania. Dobrą ilustracją powyższych zagadnień jest przedstawiona powyżej w zarysie charakterystyka dwóch podstawowych metod formowania strumieniowego oraz są realizujących je maszyn. Zbliżony poziom techniczny formierek strumieniowych oraz osiągane efekty formowania utrudniają jednoznaczne wskazanie lepszego wariantu. Wydaje się, że nawet bardziej szczegółowa znajomość parametrów maszyn, niż dostępne w materiałach prospektowych, nie byłaby rozstrzygająca. Czynnikiem decydującym o wyborze maszyny formierskiej będzie zapewne aspekt ekonomiczny, w tym cena formierki i koszty związane z energochłonnością wybranego procesu formowania. Zwiększona energochłonność spowodowana jest przeważnie w tych procesach formowania, gdzie występuje większe zużycie sprężonego powietrza wynikające z konieczności stosowania dużej powierzchni odpowietrzania komory technologicznej. Wzrost kosztów oprzyrządowania jest wówczas oczywisty. Wyrazem zalet zarówno jednej jak i drugiej metody formowania są rozwiązania maszyn mogące realizować je wariantowo [5]. Z konieczności wzrasta jednak złożoność takiego systemu i niewątpliwie koszt maszyny formierskiej. Celowe jest raczej stosowanie tego typu maszyn w liniach automatycznych.

Przygotowano częściowo w ramach pracy statutowej AGH nr 11.11.70.109 finansowanej przez KBN.

LITERATURA

- [1] Fedoryszyn A., Smyksy K.; Dańko J.,: *Techniki formowania stosowane w odlewnictwie światowym*. Materiały II Konferencji TECHNICAL'99. Nowa Sól, 1999, s. 7-18.
- [2] Fleming E., Tilch W.: *Formstoffe und Formverfahren*. DVG, Leipzig-Stuttgart 1993.
- [3] Grolla H.: *Ergebnisse und Einsatz des Luftstrom-Pressformverfahrens*. Gießerei, 1989, nr 4, s.105 – 109.
- [4] Makohonenko K.: *Nowoczesne metody zagęszczania form odlewniczych oraz ich usuwania ze skrzyń formierskich*. Mat. Symp.: Nowe Technologie Odlewnicze. Prodlew W-wa, IO Kraków. Warszawa 1997.
- [5] Materiały prospektowe: *DISA, FORMTEC, Georg Fischer DISA, HEINRICH WAGNER SINTO, KÜNKEL WAGNER, TECHNICAL*.

- [6] Pezarski F. i in.: *Analiza wyników badań i prób nowej formierki impulsowo - prasującej FT-65*. Materiały II Konferencji TECHNICAL'99. Nowa Sól, 1999, s. 54-65.
- [7] Rudy C., Soliński W.: *Mechanizacja procesu formowania w odlewni*. Materiały III Konferencji TECHNICAL'2000, Nowa Sól, 2000, s. 55
- [8] Smyksy K.: *Energochłonność strumieniowych maszyn formierskich*. Materiały IV Konferencji TECHNICAL'2001. Nowa Sól, 2001, s. 69-80.
- [9] Smyksy K.: *Technologiczne aspekty formowania impulsowego*. Krzepnięcie Metali i Stopów nr 25, 1995, s.47- 52.

COMPARISON OF AIR STREAM MOULDING METHODS

SUMMARY

Currently moulding machines are characterised by many useful features. Among others there are very well moulding results, high level of automation and reliability. Suitable density of the mould and density distribution is obtained due to proper compaction methods. Currently in flask moulding machines are usually used two-step moulding. Now the most popular are methods using the air stream directly compacted the moulding sand. In the article the comparison between two variations of such methods: Seiatsu process (relatively slow air flow and squeezing) and air impulse moulding has been presented. The example of moulding machines using mentioned above compaction processes has been described.

ANALIZA FUNKCJONALNOŚCI ZDALNYCH KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW POMIAROWO-STERUJĄCYCH

E. ZIÓLKOWSKI¹
Wydział Odlewnictwa AGH,
ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

STRESZCZENIE

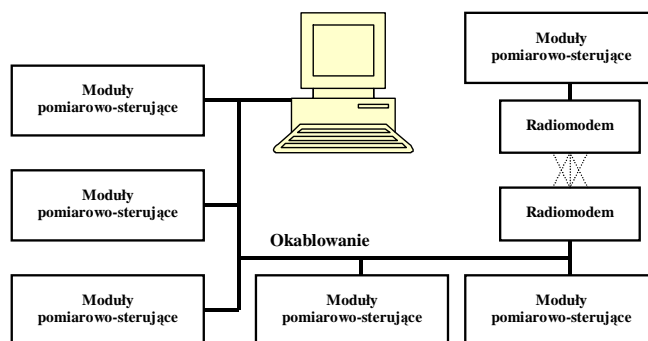
W systemach komputerowego monitoringu i sterowania procesami przemysłowymi stosowane są różne warianty połączenia komputera z elementami (modułami) pomiarowo-sterującymi. Jeżeli system ma być wyposażony w centralny komputer, którego zadaniem jest zbieranie wszelkich niezbędnych informacji z czujników pomiarowych oraz sterowanie jednostkami wykonawczymi, to takie rozwiązanie jest nazywane systemem zdalnym. W artykule zostaną przedstawione charakterystyki wybranych zdalnych komputerowych systemów pomiarowo-sterujących.

Key words: distributed I/O, computer controlling and monitoring

1. TOPOLOGIA ZDALNYCH SYSTEMÓW POMIAROWO-STERUJĄCYCH

W złożonych systemach produkcyjnych często występuje potrzeba zbierania informacji z różnych odcinków linii produkcyjnych oraz odpowiednio sterowania wybranymi urządzeniami. System, w którym jeden komputer centralny jest połączony z rozproszonymi w różnych miejscach zakładu produkcyjnego modułami pomiarowymi i/lub sterującymi jest nazywany zdalnym komputerowym systemem pomiarowo-sterującym.

Moduły pomiarowo-sterujące są rozmieszczone w różnych miejscach i połączone ze sobą oraz z komputerem centralnym za pomocą okablowania transmisyjnego pracującego w jednym ze standardów przemysłowych (rys. 1). W przypadku braku możliwości realizacji połączenia kablowego można zastosować radiomodemy.



Rys. 1. Schemat zdalnego systemu pomiarowo-sterującego.

Fig. 1. Diagram of remote measurement and control system.

2. INTERFEJSY KOMUNIKACYJNE

Połączenie modułów pomiarowo-sterujących ze sobą oraz z komputerem może być realizowane przewodowo i bezprzewodowo. Najczęściej stosowanymi standardami przesyłania danych są przemysłowe interfejsy szeregowo RS-232-C, RS-422-A, RS-485 oraz CAN. Porównanie najważniejszych parametrów wymienionych interfejsów zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie podstawowych parametrów interfejsów szeregowych.

Table 1. Comparison of the basic parameters of serial interfaces.

¹ dr inż., ez@agh.edu.pl

Parametr	Interfejs			
	RS-232-C	RS-422-A	RS-485	CAN
Standard	EIA RS-232-C, CCITT V.24	EIA RS-422-A, CCITT V.11	EIA RS-485	ISO 11898
Maksymalna szybkość transmisji	19200 bps	10 Mbps	10 Mbps	1 Mbps
Maksymalna odległość transmisji przewodowej	15 m	1200 m	1200 m	1000 m
Liczba sterowników	1	1	32	64
Liczba odbiorników	1	10	32	64

Interfejs szeregowy RS-232-C jest standardowo zainstalowany w każdym komputerze klasy IBM PC, stąd znalazł szerokie zastosowanie w komunikacji pomiędzy różnymi urządzeniami zewnętrznymi a komputerem. Szybkość transmisji maksymalnie wynosi 115 Kbps, o ile w komputerze wykorzystany jest układ UART 16C654. Sterowanie przepływem danych pomiędzy komputerem a urządzeniami peryferyjnymi jest bardzo proste do oprogramowania. Bezpośrednie zastosowanie portów szeregowych według standardu RS-232-C w warunkach przemysłowych stwarza poważne niebezpieczeństwo uszkodzenia sprzętowego tych portów lub innych podzespołów komputera. Dlatego jeżeli ma być realizowana transmisja szeregową według tego standardu, to jest konieczne galwaniczne odizolowanie portu komputera od linii transmisyjnej. Najczęściej wykonuje się zabezpieczenia optoizolacyjne. Do jednego portu szeregowego RS-232-C można przyłączyć jedno urządzenie peryferyjne, stąd w komputerach wbudowane są standardowo dwa takie porty. Firmy produkujące komputerowy sprzęt pomiarowo-sterujący do zastosowań przemysłowych oferują wieloportowe karty zawierające na przykład 4 lub 8 portów RS-232-C. Na przykład firma Advantech oferuje czteroportowe karty PCL-849 (szyna ISA) lub PCI-1610B (szyna PCI), a spośród ośmioportowych karty PCL-858 (szyna ISA) lub PCI-1620B (szyna PCI). Karty te zawierają wyłącznie porty szeregowy RS-232-C.

Najbardziej rozpowszechnionym przemysłowym standardem transmisji pomiędzy komputerem a urządzeniami peryferyjnymi jest standard RS-485. Ponieważ komputery klasy IBM PC nie są wyposażone w porty RS-485, stąd istnieją dwie możliwości likwidujące tę niedogodność. Pierwszy polega na zastosowaniu karty instalowanej wewnątrz komputera i zawierającej kilka portów RS-485. Drugi sposób polega na zastosowaniu zewnętrznego konwertera RS-232-C↔RS-485. Dla przykładu firma Advantech oferuje karty:

- PCL-745S (szyna ISA) lub PCI-1602B (szyna PCI) zawierające dwa niezależne porty szeregowy RS-422/485 z optoizolacją i zabezpieczeniem przeciwprzebiegowym.
- PCL-846B (szyna ISA, 4 porty RS-422/485, optoizolacja i zabezpieczenie przeciwprzebiegowe) oraz PCI-1612B (szyna PCI, 4 porty RS-232/422/485 z zabezpieczeniem przeciwprzebiegowym ale bez optoizolacji).

Biorąc pod uwagę możliwość podłączenia do jednego portu RS-485 do 32 urządzeń peryferyjnych często nie ma potrzeby wykorzystywania wielu portów RS-485.

Konwersję transmisji RS-232-C↔RS-485 można zrealizować za pomocą zewnętrznych konwerterów. Konwertery te koniecznie powinny posiadać optoizolację. Firma Advantech

proponuje tutaj zastosowanie na przykład konwertera ADAM-4520. Moduł ten charakteryzuje się napięciem przebicia optoizolacji równym $3000 V_{DC}$ oraz poborem mocy 1.2 W. Maksymalna prędkość transmisji dla tego modułu wynosi 115.2 Kbps. Firma National Instruments oferuje zewnętrzny konwerter RS-232-C↔RS-485 w postaci modułu FP-1000 z serii FieldPoint. Moduł ten posiada jeden port RS-232 oraz jeden port RS-485. Maksymalna prędkość transmisji wynosi 115.2 Kbps. Maksymalna odległość konwertera od komputera wynosi 15 m. Napięcie przebicia optoizolacji wynosi 2500 V.

Oprócz klasycznych standardów transmisji szeregowej (RS/232/422/485) coraz częściej stosowane są inne rozwiązania komunikacji komputera z urządzeniami peryferyjnymi. Jednym z nich jest komunikacja za pomocą protokołu Ethernet TCP/IP, czyli protokołu, który jest wykorzystywany w sieciach komputerowych, na przykład tworzących sieć Internet. Moduły sieciowe Ethernet pozwalają na realizację transmisji z prędkościami 10 Mb/s lub 100 Mb/s, czyli znacznie szybszymi w stosunku do szybkości uzyskiwanych w transmisji szeregowej. Ważnym tutaj parametrem jest maksymalna odległość pomiędzy modułem sieciowym a tak zwanym hostem, którym może być albo karta sieciowa w komputerze albo na przykład hub, łączący inne moduły w sieci Ethernet. Firma Advantech oferuje na przykład moduł ADAM-4570 będący konwerterem Ethernet↔RS-232/422/485 i umożliwiającym dołączenie do tego modułu innych urządzeń czy modułów pomiarowo-sterujących stosujących transmisję szeregową RS-232/422/485 oraz podłączenie do okablowania sieciowego Ethernet. Firma National Instruments proponuje moduł FP-1600 z serii FieldPoint, który służy do podłączenia innych modułów z tej serii do okablowania sieciowego pracującego w standardzie Ethernet. Moduł ten może pracować zarówno w systemie 100BaseTX (100 Mb/s) jak i 10BaseT (10 Mb/s).

W niektórych systemach stosowane są także inne standardy przemysłowej komunikacji łączącej moduły pomiarowo-sterujące z komputerami. Należą do nich na przykład interfejsy CAN, Foundation FieldBus, MODBus i inne, jednak znajdują one zastosowanie przede wszystkim w systemach opartych na specjalizowanych komputerach przemysłowych.

3. MODUŁY POMIAROWE

W systemach monitoringu, kontroli i sterowania procesami technologicznymi moduły pomiarowe realizują pomiary wielkości elektrycznych, a poprzez odpowiednie przetworniki także wielkości nieelektrycznych, na przykład ciśnienia, przemieszczenia, przyspieszenia i innych. Przemysłowe moduły pomiarowe posiadają optoizolowane wejścia pomiarowe w celu zabezpieczenia komputera przed uszkodzeniami. Moduły takie mogą być także w dowolnej chwili montowane lub wymontowane z zestawu pomiarowego bez konieczności wyłączenia zestawu czy komputera. W tabeli 2 podano podstawowe parametry wybranych modułów pomiarowych z serii ADAM 4000 firmy Advantech. W tabeli 3 przedstawiono niektóre moduły z serii FieldPoint firmy National Instruments.

Tabela 2. Charakterystyki wybranych modułów pomiarowych z serii ADAM 4000 firmy Advantech.

Table 2. The characteristics of the selected input modules – ADAM 4000 series of Advantech.

Symbol modułu	Wybrane parametry
ADAM-4017	Moduł 6 analogowych wejść różnicowych i 2 wejść asymetrycznych. Rozdzielczość 16 bit. Zakresy pomiarowe: ± 150 mV, ± 500 mV, ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V lub ± 20 mA. 10 próbek na sekundę. Impedancja wejściowa 20 M Ω . Napięcie optoizolacji 3000 V.
ADAM-4018	Moduł 6 wejść różnicowych i 2 wejść asymetrycznych dla termopar typu J,K,T,E,R,S,B lub do pomiaru napięcia w zakresach: ± 15 mV, ± 50 mV, ± 100 mV, ± 500 mV, ± 1 V ± 2.5 V albo jako wejścia prądowe ± 20 mA. Rozdzielczość 16 bit. Częstotliwość próbkowania: 10 próbek na sekundę.
ADAM-4052	Moduł 6 cyfrowych wejść niezależnych i 2 wejść mierzonych względem masy układu. Poziomy logiczne „0” do 1 V max; „1” $+3$ V \div $+30$ V. Napięcie optoizolacji 5000 V.

Tabela 3. Charakterystyki wybranych modułów pomiarowych z serii FieldPoint firmy National Instruments.

Table 3. The characteristics of the selected input modules – FieldPoint series of the National Instruments.

Symbol modułu	Wybrane parametry
FP-AI-100	Moduł 8 analogowych wejść napięciowych lub prądowych. Rozdzielczość 12 bit. Zakresy pomiarowe napięcia : ± 1 V, ± 5 V, ± 15 V, ± 30 V, $0 \div 1$ V, $0 \div 5$ V, $0 \div 15$ V, $0 \div 30$ V. Zakresy pomiarowe prądowe: $0 \div 20$ mA, $4 \div 20$ mA lub ± 20 mA. Okres próbkowania 2.8 ms. Impedancja wejściowa 1.5 M Ω . Napięcie optoizolacji 2500 V.
FP-AI-110	Rozdzielczość 16 bit. Pozostałe dane jak dla FP-AI-100.
FP-AI-111	Moduł 16 wejść prądowych o zakresach: $0 \div 20$ mA, $4 \div 20$ mA lub ± 20 mA. Rozdzielczość 16 bit.
FP-TC-120	Moduł 8 wejść różnicowych dla termopar typu J,K,T,N,R,S,E,B lub napięciowych o zakresach: ± 25 mV, ± 50 mV, ± 100 mV, $-20 \div 80$ mV. Rozdzielczość 16 bit. Napięcie optoizolacji 2500 V.
FP-RTD-122	Moduł 8 wejść dla rezystancyjnych czujników temperatury typu Pt 100 Ω , Pt 1000 Ω , albo wejścia rezystancyjne o zakresach $0 \div 400$ Ω , $0 \div 4000$ Ω . Rozdzielczość 16 bit.
FP-DI-300 (301)	Moduł 8 (FP-DI-300) lub 16 (FP-DI-301) wejść cyfrowych o zakresie napięcia $18 \div 30$ VDC. Napięcia optoizolacji 2500 V.

4. MODUŁY STERUJĄCE

Ze względu na różnorodność urządzeń wykonawczych w systemach sterowania procesami technologicznymi moduły sterujące występują w różnych wariantach wykonania. Do najczęściej stosowanych modułów sterujących można zaliczyć moduły: wyjść napięciowych analogowych, wyjść cyfrowych, przekaźnikowe, wyjść o regulowanej szerokości impulsów (PWM) i inne. W tabeli 4 zestawiono przykłady modułów sterujących oferowanych przez firmę Advantech w ramach serii ADAM-4000, natomiast w tabeli 5 podano przykłady z serii FieldPoint firmy National Instruments.

Tabela 4. Charakterystyki wybranych modułów sterujących z serii ADAM-4000 firmy Advantech.

Table 4. The characteristics of the selected output modules – ADAM 4000 series of Advantech.

Symbol modułu	Wybrane parametry
ADAM-4021	Moduł 1 wyjścia analogowego: napięciowego o zakresie 0÷10 V oraz prądowego o zakresach 0÷20 mA lub 4÷20 mA. Rozdzielczość 12 bit. Impedancja wyjściowa 0.5 Ω. Napięcie optoizolacji 3000 V.
ADAM-4050	Moduł 7 wejść cyfrowych oraz 8 wyjść cyfrowych. Wyjścia typu „otwarty kolektor” do 30 V.
ADAM-4060	Moduł 4 przekaźników pracujących w zakresach: dla napięć zmiennych: 125 V i 600 mA albo 250 V i 300 mA, dla napięć stałych: 30 V i 2 A albo 110 V i 600 mA.

5. PODSUMOWANIE

Zastosowanie modułów pomiarowo-sterujących pozwala na projektowanie zdalnych systemów sterowania procesami technologicznymi. Podstawową zaletą takich

Tabela 5. Charakterystyki wybranych modułów sterujących z serii FieldPoint firmy National Instruments.

Table 5. The characteristics of the selected output modules – FieldPoint series of the National Instruments.

Symbol modułu	Wybrane parametry
FP-AO-210	Moduł 8 wyjść napięciowych analogowych o zakresie 0÷10 V. Rozdzielczość 12 bit. Napięcie optoizolacji 2500 V.
FP-DO-400 (401)	Moduły wyjść cyfrowych: FP-DO-400 – 8 wyjść napięciowych 10÷30 VDC, FP-DO-401 – 16 wyjść napięciowych 10÷30 VDC, Napięcie optoizolacji 2500 V.
FP-RLY-420 (422)	Moduły wyjść przekaźnikowych (250 V i 3 A VAC lub 35 V i 3 A): FP-RLY-420 – 8 wyjść typu A,

	FP-RLY-422 – 4 wyjścia typu C. Napięcie optoizolacji 5000 V.
FP-PWM-520	Moduł 8 wyjść typu PWM. Maksymalna częstotliwość 1 kHz. Rozdzielczość 12 bit. Maksymalne obciążenie 1 A dla napięć 5 V, 12 V, 24 V VDC. Napięcie optoizolacji 2500 V.

systemów jest możliwość gromadzenia danych i sterowania przez jeden centralny komputer przemysłowy. Nie ma wówczas potrzeby projektowania lokalnych podsystemów komputerowych, wymagających zakupu wielu komputerów oraz opracowania sposobu komunikacji między nimi w celu wymiany istotnych informacji. Obecnie oferowane przez różne firmy rozwiązania zdalnych systemów akwizycji danych mogą zapewnić realizację niemal dowolnie złożonych zadań pomiarowych oraz sterowania szeroką gamą urządzeń wykonawczych.

LITERATURA

- [1] Katalog firmy Advantech. Solution Guide Vol. 20. 2001
- [2] Katalog firmy National Instruments: The Measurement and Automation. Catalog 2001.

FUNCTIONAL ANALYSIS OF REMOTE MEASUREMENT AND CONTROL COMPUTER SYSTEMS

SUMMARY

There are different variants of connecting a computer with measurement and control modules used in the systems of computer monitoring and controlling industrial processes. If the system should be equipped in the main computer for acquiring all the necessary data from measurement sensors, the solution is called a remote system. The paper presents characteristics of the selected remote measurement and control computer systems.

DEZODORYZACJA GAZÓW W WARUNKACH ODLEWNI

M. HOLTZER¹, B. GRABOWSKA², I. KARGULEWICZ³

^{1,2} Wydział Odlewnictwa AGH, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

³ Instytut Ochrony Środowiska, ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa

STRESZCZENIE

Odlewnie wytwarzają substancje o nieprzyjemnym zapachu w procesie zalewania form ciekłym metalem, oraz podczas produkcji form i rdzeni. Wydzielające się w wyniku rozkładu termicznego spoiwa lub dodatków produkty mogą być przykre nie tylko dla pracowników odlewni, ale również i dla mieszkańców danej miejscowości.

Przepisy dotyczące emisji związków o nieprzyjemnym zapachu stają się coraz ostrzejsze, co powoduje że powyższa problematyka stanowi ważny element strategii odlewni w zakresie ochrony środowiska.

W artykule opisano potencjalne źródła nieprzyjemnych zapachów, metody ich kontroli i sposoby zmniejszania emisji. Jednym z ważniejszych działań w tym zakresie jest użycie neutralizatorów zapachów.

Key words: *odor neutralizers, odor control, deodorization, foundry*

1. WPROWADZENIE

Obok substancji gazowych, które zagrażają człowiekowi wskutek toksycznego działania, występują substancje powodujące pogorszenie komfortu życia, choć najczęściej bezpośredniego zagrożenia zatruciem nie wywołują. Substancje te, zwane odorantami, oddziałują w sposób uciążliwy dla człowieka nawet wtedy, gdy występują w powietrzu w znikomych stężeniach. Podatność ludzi na bodźce węchowe spowodowana jest wyjątkową wrażliwością węchu [1-3]. Dezodoryzacja jest jednym z trudniejszych zagadnień techniki oczyszczania gazów odlotowych. Niski próg wyczuwalności węchowej wielu gazów charakteryzujących się przykrym zapachem sprawia, że w większości przypadków dla jego likwidacji niezbędne jest usunięcie substancji odorowej w prawie 100%.

Społeczeństwo zwraca coraz częściej uwagę na problem nieprzyjemnych zapachów emitowanych przez przemysł do środowiska. Społeczeństwo skarży się na dokuczliwość zapachów, co w konsekwencji może prowadzić do zamykania zakładów. Również i odlewnie wytwarzają zapachy, które bywają dokuczliwe dla otoczenia. Występuje wiele operacji w odlewni, podczas których mogą być emitowane nieprzyjemne zapachy. Intensywność zapachu zależy od stosowanych w procesie materiałów dlatego też, poza kryterium dostępności i kosztów stosowania nowych materiałów, zakłady w tym odlewnie, powinny oceniać również potencjalne zagrożenie dla środowiska.

Współczesne odlewnie są przedmiotem silnego nacisku zarówno społeczeństwa, jak i agend rządowych w zakresie zmniejszenia emisji szkodliwych substancji do środowiska. Jednak w wielu przypadkach do atmosfery emitowane są substancje, które nie stanowią bezpośrednio zagrożenia dla środowiska i ludzi, ale stanowią problem ze względu na nieprzyjemny zapach.

¹ prof. dr hab., holtzer@uci.agh.edu.pl

² mgr, graboska@uci.agh.edu.pl

³ dr, i.kar@junglemate.com

Przepisy odnośnie nieprzyjemnych zapachów są coraz bardziej przestrzegane, co powoduje, że kontrola takiej emisji staje się ważnym elementem strategii odlewni w zakresie ochrony środowiska. Dlatego odlewnia, aby działać musi aktywnie uczestniczyć we wszystkich przedsięwzięciach podejmowanych przez społeczeństwo. Z drugiej strony społeczeństwo musi zrozumieć, że odlewnia jest miejscem pracy dla wielu osób i że jest potrzebna. Przykry zapach wpływa negatywnie na komfort życia człowieka. Jednak naruszenie tego stanu jest trudne do udowodnienia. Odbiór zapachu jest wysoce subiektywny i zależy od indywidualnej czułości węchowej. Każda osoba odczuwa różnie zmieniające się składy i stężenia związków zapachowych. Ilościowo zapach może być rzadko oceniany w sposób naukowy⁴. Wiele związków chemicznych ma potencjał wyczuwalności przykrego zapachu znacznie poniżej wartości uważanych za szkodliwe dla zdrowia, co jest głównym elementem określania standardów jakości powietrza [4-6].

Ze względu na metody zwykle stosowane do określania PWZ wartości podane w tej tabeli odnoszą się tylko do jednego składnika, a nie uwzględniają jego występowania w składzie mieszaniny. Efekty synergiczne spowodowane obecnością wielu związków mogą wzmocnić ten efekt [8].

Ponadto negatywny wpływ drażniących zapachów, takich jak siarczki może być maskowany przez zapachy przyjemne.

Podjęto próbę sklasyfikowania różnych związków pod względem intensywności ich zapachu. Służy temu wielkość zwana progową wyczuwalnością zapachu (PWZ).

W tabeli 1 podano wartości PWZ wybranych związków, często występujących w przemyśle [5,7].

Tabela 1. Wartości progowych wyczuwalności zapachu w powietrzu wybranych substancji chemicznych [5,6]

Table 1. Odor threshold levels of chemical substances present in the air

Substancja	Progowa wyczuwalność zapachu [ppm]	Substancja	Progowa wyczuwalność zapachu [ppm]
Akroleina	0,16	Formaldehyd	0,83
Amoniak	5,2	Furfurol	8,0
Benzen	12	Ksylen	1,1
Cyjanowodór	0,58	Siarkowodór	0,0081
Dwumetyloizopropylamina (DMIA)	0,01	Styren	0,32
Dwumetyloetyloamina (DMEA)	0,001	Syntetyczny dezodorant	4×10^{-7}
Dwutlenek siarki	1,1	Trójetyloamina (TEA)	0,002
Etan	150	Tlenek węgla	100 000
Fenol	0,04	Toluen	2,9

⁴ Progowa wyczuwalność zapachu – PWZ (odor threshold level – OTL) mierzona stężeniem związku wywołującego nieprzyjemny zapach, wyczuwalnego przez połowę członków zespołu testującego.

2. ŹRÓDŁA EMISJI NIEPRZYJEMNYCH ZAPACHÓW W ODLEWNI

Źródła emisji zapachów w wielu przypadkach są znane w wyniku działalności zakładu, szczególnie podczas rozruchu, zatrzymania lub zakłócenia produkcji. Liczba potencjalnych źródeł zapachu, jak również ilość uwalnianych związków zmniejsza się w miarę jak stabilizuje się dany proces technologiczny. Źródła emisji związków o przykrym zapachu są często trudne do identyfikacji dla nowych i planowanych zakładów. Potrzebna jest właściwa metodologia dla identyfikacji potencjalnych źródeł wydzielania zapachów w obrębie danej instalacji nowej lub starej, istniejącej lub planowanej [2].

Źródła emisji są ogólnie klasyfikowane jako:

- punktowe
- liniowe
- powierzchniowe
- nietrwale

Typ i właściwości fizyczne źródeł bezpośrednio wpływają na charakterystykę rozproszenia związków zapachowych.

Większość nieprzyjemnych zapachów w odlewni jest generowana przez spoiwa podczas formowania i wykonywania rdzeni, a w szczególności podczas zalewania form ciekłym metalem. Źródłem emisji zapachu może być również operacja wybijania odlewów. Jest to spowodowane termicznym rozkładem składników spoiwa i dodatków wprowadzanych do masy. Najprostszym sposobem zapobiegania emisji nieprzyjemnych zapachów wydaje się być wyeliminowanie tworzenia odpowiedzialnych za to związków chemicznych. Najkorzystniej byłoby zastosować spoiwo, które pozwoliłoby uniknąć problemów z zapachem i emisją oraz dawałoby dobre właściwości technologiczne masy. Jednak nie ma tak idealnego spoiwa, które spełniałoby wszystkie wymagania zarówno technologiczne, jak i ochrony środowiska. Dlatego też problemy emisji nieprzyjemnych zapachów muszą być rozwiązane w inny sposób.

3. SPOSOBY KONTROLI I ZMNIEJSZANIA EMISJI ZAPACHÓW

Większość obecnie stosowanych metod do kontroli emisji może być z powodzeniem wykorzystana do usuwania zapachów z emitowanych gazów. Należą do nich metody wykorzystujące:

1. termiczne utlenianie (spalanie)
2. płuczki chemiczne
3. adsorpcję na fazie stałej
4. filtry biologiczne
5. płuczki biologiczne

Spośród tych metod termiczne utlenianie [9], płuczki chemiczne [10] oraz filtry biologiczne są stosowane do kontroli zapachów w odlewniach. Problemem przy stosowaniu tych technik są wysokie koszty, szczególnie gdy odpowiednie urządzenia są wmontowywane do już istniejących instalacji, a nie były przewidziane w pierwotnym projekcie. Metody te są przydatne do usuwania zapachów pochodzących z wymuszonych układów odciągowych, podczas gdy problem przykrego zapachu często może być wynikiem emisji z miejsc, gdzie nie są zainstalowane urządzenia odciągowie. W tym przypadku konieczna jest prosta i stosunkowo tania metoda zmniejszenia nieprzyjemnych zapachów. Jedną z nich jest zastosowanie standardowych filtrów workowych, do wychwytywania drobnych cząstek i emitowanych par. Próby przeprowadzone przez autorów pracy [11] wykazały ponad 90% redukcję emisji substancji zapachowych.

Jedną z najnowszych technik zmniejszenia emisji nieprzyjemnych zapachów jest ich chemiczna neutralizacja. Podstawą jest reakcja składników o nieprzyjemnym zapachu z inną

substancją w celu wytworzenia związku, który charakteryzuje się bardzo słabym zapachem lub go nie posiada w ogóle i może być bezpiecznie emitowany do atmosfery.

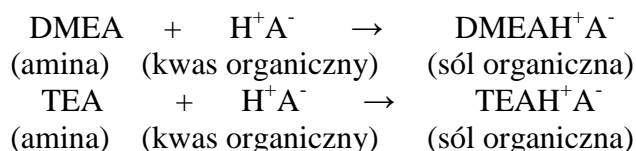
Zastosowanie neutralizacji odorów stanowi tanie rozwiązanie problemu nieprzyjemnych zapachów. Prowadzone w ostatnich latach szerokie badania wykazały, że substancją spełniającą powyższe wymagania może być mieszanina olejków eterycznych⁵, które zostały wyizolowane z wyciągów roślinnych. Okazało się, że pewne olejki eteryczne mają zdolność neutralizacji określonych nieprzyjemnych zapachów. Dlatego też stosuje się mieszaninę różnych olejków, która może neutralizować szerokie spektrum zapachów. Po osiągnięciu punktu „neutralizacji zapachu” dodatek porcji olejków eterycznych będzie prowadził do obecności olejku w atmosferze.

Obowiązujące w Wielkiej Brytanii przepisy wyraźnie zakazują stosowania technik, które maskują nieprzyjemny zapach. Jednak dopuszczalne jest działanie na zapach neutralizatorami chemicznymi pod warunkiem, że będzie wykazane, iż zachodzi ostateczna reakcja i jej efektem nie jest maskowanie zapachu.

Skuteczność stosowania neutralizatora przykrego zapachu będzie różna, w zależności od zdolności tego czynnika do tworzenia dostatecznie trwałych związków z zapachami. Jak już wspomniano bardzo dobrym czynnikiem do neutralizacji przykrych zapachów pochodzących z odlewni mogą być olejki eteryczne. W początkowych etapach neutralizacji ma miejsce tworzenie się słabego wiązania elektrostatycznego pomiędzy olejkami a substancjami powodującymi przykry zapach. Olejki eteryczne działają jak klastery dla gazów obecnych w atmosferze i są aktywne dotąd, dopóki nie nasycą się. Pozostają w powietrzu tak długo, aż nie zostaną w pełni wykorzystane. Po zgromadzeniu gazów w obrębie działania olejków eterycznych zostaje zapoczątkowana reakcja chemiczna. Bardzo korzystne działanie olejków eterycznych uzyskano m.in. w przypadku emisji amin i dwutlenku siarki [4,6].

Usuwanie zapachu amin

Aminy mogą reagować z kwasami organicznymi obecnymi w olejkach eterycznych, tworząc sole organiczne. Aminy DMEA i TEA, które są mocnymi zasadami, będą łatwo reagować ze słabymi kwasami organicznymi. Reakcję sumaryczną można przedstawić następująco:



Powstające sole są ciałami stałymi, niekrystalicznymi, o niskiej temperaturze topnienia, koloru żółtego i termicznie trwałe do 120°C. Mogą one ulegać przemianie do bardziej trwałych amin organicznych.

Tabela 2. Zmniejszenie emisji amin do atmosfery przy zużyciu olejków eterycznych [4]
Table 2. Reduction of amine emissions to atmosphere using essential oils

⁵ Olejki eteryczne – substancje zapachowe, łatwo lotne, pochodzenia roślinnego, stanowiące mieszaninę różnych związków chemicznych, głównie węglowodorów, alkoholi, aldehydów, ketonów, estrów i fenoli. W temperaturze pokojowej mają konsystencję oleju. Rozpuszczają się łatwo w większości rozpuszczalników organicznych; na ogół nie rozpuszczają się w wodzie

Stężenie aminy przed wprowadzeniem olejków eterycznych do układu [ppm]	Stężenie aminy po wprowadzeniu olejków eterycznych do układu [ppm]
6,5	<0,01
24,6	7,8
445	66,6

Usuwanie zapachu SO₂

Badania wykazały, że gazy o charakterze kwasowym, jak np. SO₂ mogą łatwo reagować z olejkami eterycznymi.

Tabela 3. Zmniejszenie emisji SO₂ do atmosfery przy użyciu olejków eterycznych [4]

Table 3. Reduction of SO₂ emissions to atmosphere using essential oils

Stężenie dwutlenku siarki przed wprowadzeniem olejków eterycznych do układu [ppm]	Stężenie dwutlenków siarki po wprowadzeniu olejków eterycznych do układu [ppm]
10,2	3,2
4,2	1,8
2,5	1,2
1,2	0,4

Krytycznym etapem procesu neutralizacji jest czas kontaktu pomiędzy olejkiem eterycznym a przykrym zapachem. Jeżeli zapewni się czas kontaktu 5-6 sekund, to należy oczekiwać, że reakcja neutralizacji zajdzie na swoim optymalnym poziomie. W tym celu stosuje się specjalny układ wentylacyjny zapewniający odpowiednie rozpylenie olejku eterycznego, w celu zwiększenia powierzchni kontaktu, przed wprowadzeniem go do przestrzeni gdzie tworzą się przykre zapachy.

4. METODY NEUTRALIZACJI SUBSTANCJI ZAPACHOWYCH

Zagadnienie dezodoryzacji gazów emitowanych do środowiska wymaga specyficznego indywidualnego podejścia do każdego problemu. Dezodoryzacja gazów nie zapewnia zazwyczaj odzysku żadnej substancji z procesu technologicznego. Metody dezodoryzacji powinny być tanie i skuteczne. Jedną z najbardziej ekonomicznych metod jest ograniczenie lub całkowite wyeliminowanie substancji odorowych z procesu. Można to osiągnąć przez zmianę lub modyfikację technologii wytwarzania, odpowiednie projektowanie i prowadzenie procesu.

Projektując procesy w których mogą wydzielać się nieprzyjemne zapachy, należy [2]:

- Unikać procesów okresowych z szybkim wytwarzaniem substancji odorowych w krótkim cyklu,
- Rozważyć możliwość prowadzenia procesów pod ciśnieniem niższym od atmosferycznego,
- Zminimalizować liczbę połączeń z możliwymi źródłami nieszczelności w rurociągach i aparaturze,
- Unikać emisji odorów do środowiska podczas procesów technologicznych związanych z przenoszeniem, magazynowaniem i pobieraniem próbek oraz obsługą i czyszczeniem przez zapewnienie dobrej wentylacji wyciągowej.

5. PODSUMOWANIE

Kontrola zapachów w odlewni jest stosunkowo nową dziedziną monitorowania środowiska, ale coraz częściej już wymaganą przez wiele społeczności i lokalną administrację w krajach o wysokiej świadomości ekologicznej. W procesie wykonywania odlewów z metali i ich stopów występuje wiele operacji, w których mogą tworzyć się nieprzyjemne zapachy, co ma istotny wpływ na warunki pracy w odlewni jak i wzajemne relacje ze społecznością lokalną. Zakład powinien dążyć do opracowania takiej polityki w zakresie ochrony środowiska, która byłaby przyjazna dla społeczeństwa. Pomiar nieprzyjemnych zapachów jest bardzo subiektywny. W wielu przypadkach substancje będące przyczyną tego problemu są obecne w powietrzu w stężeniach znacznie poniżej wartości dopuszczalnych ze względu na zagrożenie zdrowia czy życia.

Intensywność wydzielanych zapachów zależy od stosowanych w procesie odlewniczym materiałów. Dlatego też, przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu nowych materiałów w odlewni należy brać pod uwagę nie tylko dostępność i cenę danego materiału, ale również potencjalny jego wpływ na środowisko, w tym emisję nieprzyjemnych zapachów.

LITERATURA:

- [1] J. Koniecznyński: *Oczyszczanie gazów odlotowych*. Wyd. Politechniki Śląskiej 1993; [2] J. Warych: *Oczyszczanie przemysłowych gazów odlotowych*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa (1994).
- [3] M. Holtzer, I. Kargulewicz, B. Grabowska: *Nieprzyjemne zapachy w odlewni – kontrola i sposoby ich usuwania*. Materiały Konferencyjne III Kongresu Odlewnictwa. s. 139-143, Warszawa (2000).
- [4] C.J. Mc. Nerlin, A.D. Busby: *Foundry Odor Control*. AFS Transactions, t.105, s.199-204, (1997).
- [5] R.F. Sober, D. Paul: *Less-subjektive Odor Assessment*. Engineering Feature, September, s. 130-136, (1992).
- [6] C.J. Mc. Nerlin, A.D. Bushby: *Vermeiden von Geruchen in der Giesserei*. Giesserei Praxis, nr 12, s. 582-586, (1999).
- [7] M. Holtzer, I. Kargulewicz, B. Grabowska: *Znaczenie dopuszczalnych stężeń i wyczuwalności substancji szkodliwych dla warunków pracy i środowiska naturalnego*. IV Międzynarodowa Konferencja –Odlewnictwo 2000, Materiały Konferencyjne s.255-260, Polanica, 24-26 maj, (2000).
- [8] J.H. Ruth: *Odor Threshold Determinations Odorant Chemicals*. American Industrial Hygiene Assn., t.47, s.A.142-A.151, (1986).
- [9] P. Farrington: *Thermal Oxidation Technology for the Control of Gaseous Emissions*. BCIRA Conference, 5-7 kwiecień, Warwick, England (1993).
- [10] J. Drust, R. Deacon: *A Case History of Odor Control Using Chemical Scrubbers*. Journal of the Chartered Institute of Water and Environmental Management, t.19, nr 2, (1995).
- [11] A.D. Busby: *Chemically-Bonded Sand Systems-Facing the Challenges the 21st Century*. Institute of British Foundryman Conference, 3-5 Lipiec, Blackrod, Lanes, England (1996).

DEODORIZATION OF ATMOSPHERIC AIR IN FOUNDRY

SUMMARY

Foundries have always produced odors, as a result of pouring molten metals into molds containing organic materials and during mold and core making. The evolution of thermal decomposition products from the binder components and additives and the distribution of these products into the neighboring atmosphere can be a source of some annoyance to local residents. Odor nuisance regulations are being enforced more and more, and control of such emissions is becoming an important part of a foundry's environmental strategy.

This paper describes the causes of such nuisance odors and potential available solutions both in terms of process substitution and engineering controls. The use of chemical odor neutralizers is also described.