

URZĄDZENIA DO HOMOGENIZACJI I CHŁODZENIA MASY FORMIERSKIEJ

dr hab. inż. Aleksander Fedoryszyn

dr inż. Krzysztof Smyksy

prof. dr hab. inż. Józef Dańko

Wydział Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej

im. Stanisława Staszica

1. Wstęp.

Stosowanie urządzeń do homogenizacji i chłodzenia masy formierskiej z bentonitem podyktowane jest względami techniczno-ekonomicznymi, sprowadzającymi się do postulatu posługiwania się minimalną ilością masy obiegowej o stabilnych właściwościach. Wymaga się zawsze, aby masa formierska posiadała stałe, ustalone na określonym poziomie, właściwości technologiczne. Wysokie wymagania powodują konieczność stosowania, nie tylko odpowiednich jakościowo surowców wyjściowych, ale również starannego przygotowania masy wybitej oraz jej odświeżania [9,11,12].

W przypadku zmechanizowanej i zautomatyzowanej produkcji odlewów ze stopów żelaza oraz stopów metali nieżelaznych stosuje się jednolitą masę odświeżaną, w każdym obiegu technologicznym, dodatkiem świeżego piasku, bentonitu i pyłu węglowego (lub innego nośnika węgla błyszczącego). Masa używana przed odświeżeniem musi być odpowiednio przygotowana. Przygotowanie polega na usunięciu zanieczyszczeń, uśrednieniu stanu masy (homogenizacji) oraz chłodzeniu. Wzrost temperatury masy obiegowej ma duży wpływ na jej właściwości, na proces przeróbki oraz na zachowanie się masy podczas składowania, transportu, formowania, a przede wszystkim na jakość odlewów [11].

Podstawowymi parametrami masy używanej są między innymi jej temperatura i wilgotność. Korzystny wpływ stosowania urządzeń do homogenizacji i chłodzenia masy podkreślony jest w licznych opracowaniach [4,9,11] dotyczących aspektów teoretycznych, jak i zagadnień praktycznych. Właściwy dobór parametrów pracy tych urządzeń pozwala zminimalizować niekorzystne zjawiska, wpływających bezpośrednio na jakość form odlewniczych oraz zakłócających przebieg operacji technologicznych.

2. Ogólna charakterystyka urządzeń do homogenizacji i chłodzenia masy obiegowej.

Efektom homogenizacji powinno być uśrednienie stanu masy zwrotnej, która charakteryzuje się zmiennością temperatury, wilgotności oraz zawartością frakcji pyłowych, powstających wskutek oddziaływania ciekłego metalu na składniki masy. Procesy homogenizacji oraz chłodzenia masy zachodzą w pewnym stopniu w trakcie przerobu i transportu masy w klasycznych urządzeniach linii zwrotu masy: urządzeniach do wybierania, kruszarkach, przesiewaczach, mieszarkach, urządzeniach transportowych. Jednak przy szybkich obiegach masy (ok. 8 na zmianę) intensywność tych procesów jest niewystarczająca. Przyjmuje się, że temperatura masy nie powinna być wyższa od 30⁰C [9]. W rzeczywistości dopuszczalna jej wartość jest również związana z temperaturą i wilgotnością powietrza w odlewni. Temperatura masy nie powinna przekraczać temperatury otoczenia o więcej niż 8⁰C [11].

Stosowane obecnie urządzenia do homogenizacji i chłodzenia charakteryzują się dużą różnorodnością. Pomiedzy homogenizatorami i chłodziarkami masy obiegowej trudno ustalić ostry podział z uwagi na fakt przenikania się realizowanych procesów.

Homogenizatory powinny zapewniać ujednorodnienie, nawilżenie i wstępne chłodzenie masy. Z reguły charakteryzują się stosunkowo dużym zasobem masy przy małym rozwinięciu jej powierzchni.

Wyróżnia się dwie podstawowe grupy: homogenizatory zbudowane na bazie mieszarek misowych lub korytowych (o działaniu okresowym lub ciągłym) oraz homogenizatory bębnowe, przelotowe lub nieprzelotowe, o działaniu ciągłym [4,13].

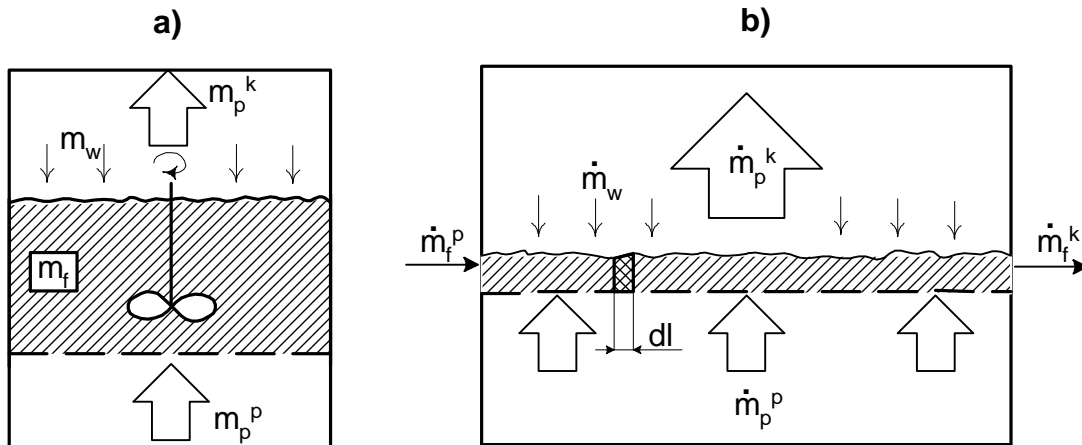
Chłodziarki masy są urządzeniami zbudowanymi z reguły na bazie przenośników (np. taśmowych, aeracyjnych, wibracyjnych) [3,14]. Charakterystyczna dla tej grupy urządzeń jest możliwość uzyskania rozwiniętej powierzchni masy ułatwiającej wymianę ciepła i wilgoci pomiędzy masą a przepływającym powietrzem chłodzącym. Zastosowane jest zwykle efektywne chłodzenie wyparne związane z dużym ciepłem parowania wody [4,11,13]. Natężenie strumienia wody chłodzącej sterowane jest z reguły automatycznie.

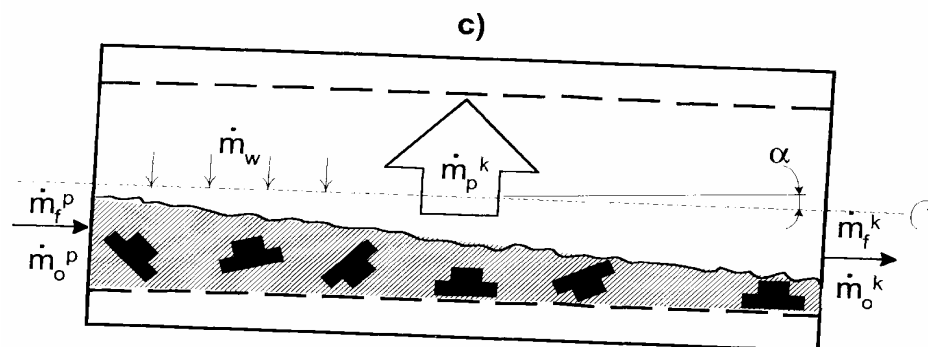
Odrębną grupą urządzeń, w których intensywnie zachodzą procesy homogenizacji i chłodzenia są wieloczynnościowe urządzenia bębnowe [6,14]. Stanowią one najczęściej wyposażenie odlewni, w których stosowane są wysokowydajne automaty do formowania bezskrzynekowego, a ich podstawowym zadaniem jest wybijanie odlewów.

Należy również wspomnieć o możliwości intensywnej realizacji procesów homogenizacji i chłodzenia w nowoczesnych mieszarkach wirnikowych, wyposażonych w instalację podciśnieniową [1,2,8].

Z technologicznego punktu widzenia operacje homogenizacji i chłodzenia najkorzystniej realizować bezpośrednio po wybiciu odlewów (lub równocześnie).

3. Przegląd rozwiązań homogenizatorów i chłodziarek.

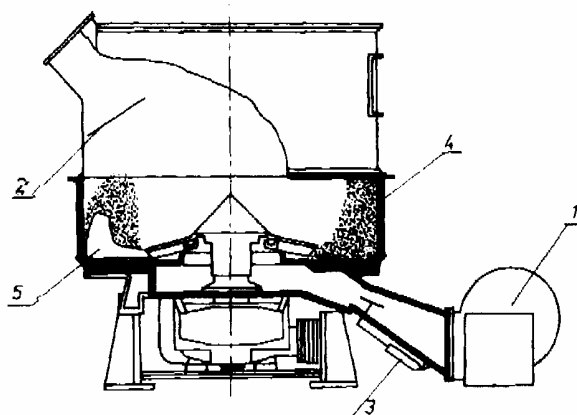




Rys. 1. Uogólnione schematy urządzeń realizujących procesy homogenizacji i chłodzenia masy formierskiej: a - homogenizatory i chłodziarki z zasobem masy, b - chłodziarki przenośnikowe masy obiegowej, c - wieloczynnościowe urządzenia bębnowe; oznaczenia: \dot{m}_f - strumień masy formierskiej, \dot{m}_p - strumień powietrza chłodzącego, \dot{m}_w - strumień wody chłodzącej, dl - elementarna warstwa masy; indeksy: p - parametry przed procesem, k - parametry po procesie.

Na podstawie analizy wyposażenia linii przygotowania masy wyróżniono trzy wersje ciągów urządzeń [4,11]. W skład wyposażenia dotyczącego rozwiązań mechanizacji w odlewniach wysokowydajnych, cechujących się dużą intensywnością obiegu masy, stosowane są oddzielacze zanieczyszczeń (elektromagnetyczne i uniwersalne, wibrofluidyzacyjne) oraz homogenizatory. Stosowanie urządzeń do nawilżania i homogenizacji masy zwrotnej jest konieczne w intensywnych obiegach masy, w których schłodzenie sposobem naturalnym jest niewystarczające. Często też efekt schłodzenia zwiększa się poprzez zastosowanie, obok homogenizatorów, także innych dodatkowych urządzeń chłodzących.

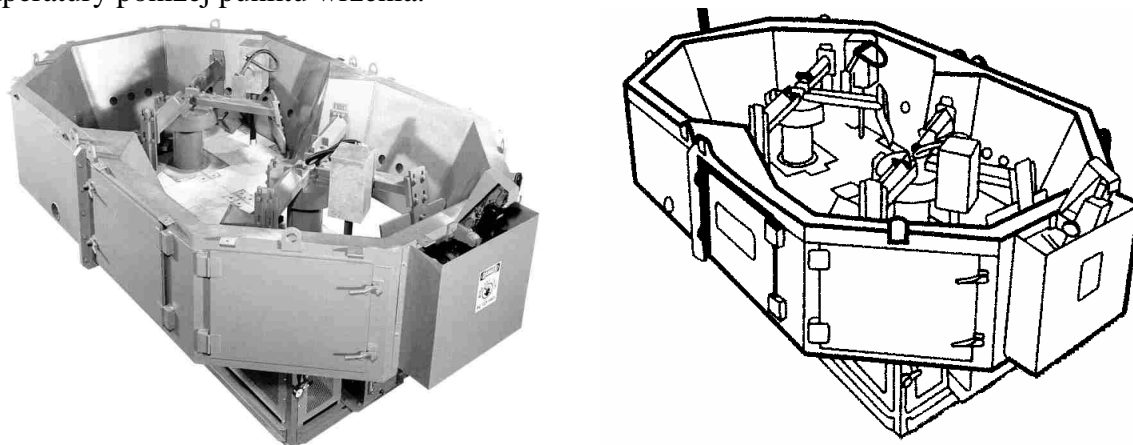
Na rysunku 1 przedstawiono uogólnione schematy urządzeń, obrazujące odrębności w przebiegu procesów homogenizacji i chłodzenia.



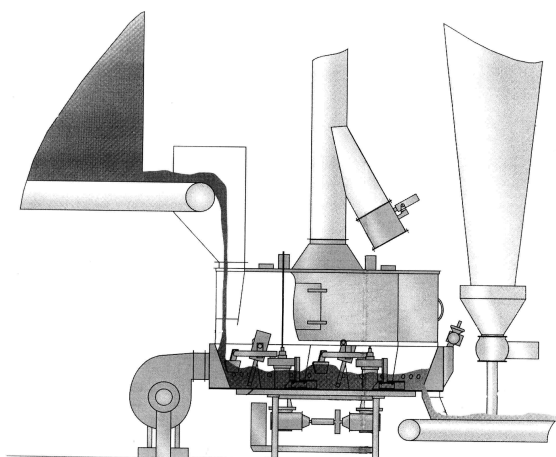
Rys. 2. Homogenizator zbudowany na bazie mieszarki [14]: 1 - wentylator, 2 - przegroda, 3 - zasuw, 4 - miska, 5 - elementy mieszające.

W urządzeniach z zasobem masy (rys. 1a) homogenizacja masy zwrotnej zachodzi w wyniku „zatapiania” ciągłej strugi w odpowiednio dużym stałym zasobie tej masy z równoczesnym nieprzerwanym mieszaniem. Poprzez nawilżanie i odparowanie wody ochładza się homogenizowaną masę. Nawilżanie realizowane jest taką ilością wody, aby ciepło zawarte w masie pozwalało na prawie całkowite odparowanie wody. Pozwala to schłodzić masę do temperatury bliskiej 100°C. Jeśli temperatura masy zwrotnej będzie wyższa od 100°C, to odparowanie 1% wody (w stosunku do masy piasku) spowoduje spadek temperatury masy obiegowej wynoszący ok. 25°C [10]. Intensywność chłodzenia zwiększa się poprzez

przedmuchiwanie zasobu powietrzem. Przedmuchiwanie realizowane po nawilżeniu jest bardzo skuteczne, gdyż powoduje wymuszanie odparowania pozostałości wody przy wartościach temperatury poniżej punktu wrzenia.



Rys. 3. Urządzenie do homogenizacji masy typu Simpson Multi-Cooler [14].



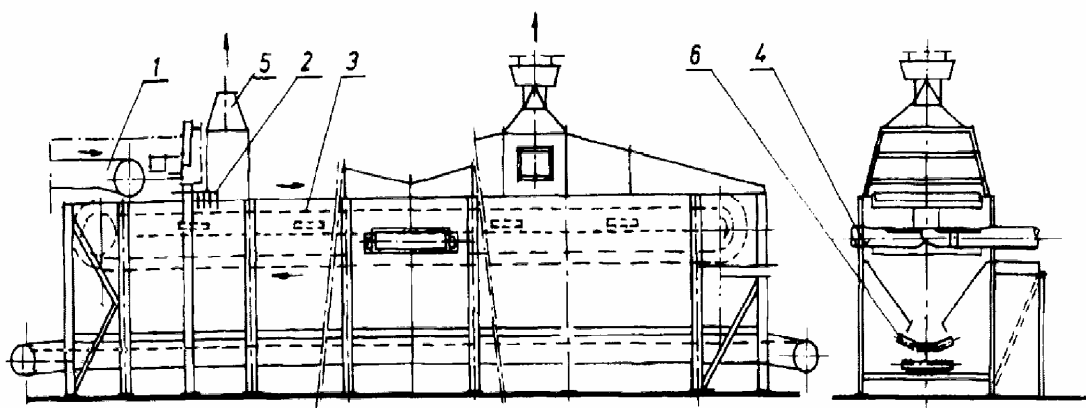
Rys. 4. Schemat stanowiska homogenizatora Simpson Multi-Cooler firmy SIMPSON Technologies [14].

Przykładowe rozwiązania mieszkarkowych homogenizatorów to Speedcooler (rys.2), zbudowany z wykorzystaniem głównych zespołów mieszkarki pobocznicowej oraz Mixcoolair, którego działanie jest zbliżone do mieszkarki łopatkowej o pionowej osi układu mieszającego. To ostatnie urządzenie stanowi uzupełnienie udoskonalonego rozwiązania znanych chłodziarek przesypowych Coolevayor firmy Bonvillain-Ronceray [13,14].

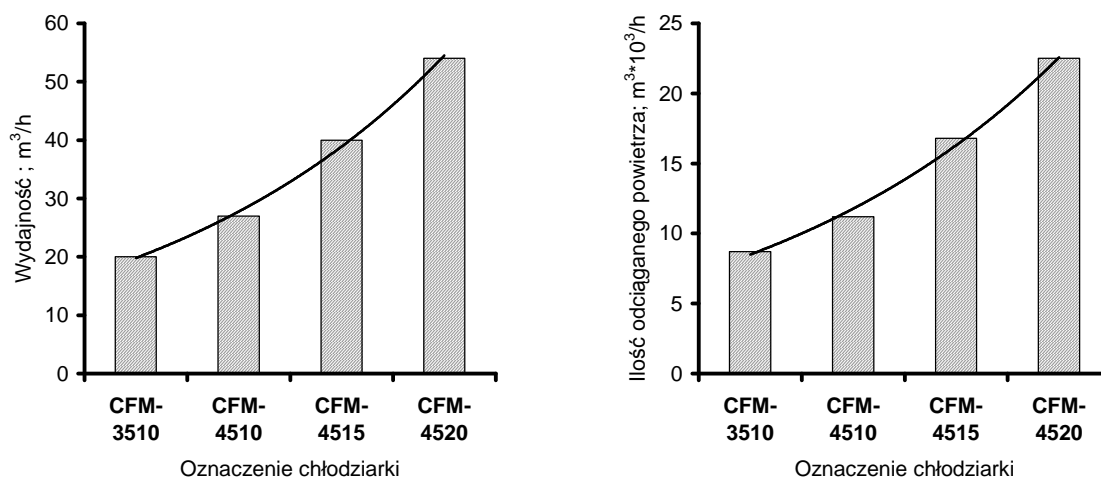
Innym przykładem homogenizatora jest rozwiązanie Simpson Multi-Cooler (rys.3), o pracy ciągłej firmy Simpson Technologies. Wewnątrz miski tego urządzenia obracają się dwa zespoły mieszające. Wydajności oferowanych urządzeń wynoszą od 25 do 300 ton/godz. Gorąca masa formierska po wprowadzeniu do miski jest nawilżana i przedmuchiwana podczas procesu homogenizacji. Powietrze użyte do przedmuchiwania warstwy masy doprowadzane jest przez przepuszczalne wkładki ścian bocznych oraz przez dno miski. Połączenie mieszania, nawilżania i przedmuchiwania masy w urządzeniu Simpson Multi-Cooler daje dobre efekty. Omawiane rozwiązanie jest wyposażone w układy pomiarowo-regulacyjne i cechuje się wysoką efektywnością pracy. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 4.

Prawidłowy dobór parametrów konstrukcyjnych i działania urządzeń decyduje o efektywności technologicznej ich pracy. Punktem wyjścia do określenia parametrów urządzeń powinna być analiza strumieni masowych (rys. 1), a następnie bilans ciepła i wymiany masy (wody) [11]. W oparciu o analizę powyższych bilansów opracowano odpowiednie programy obliczeniowe uwzględniające podstawowe wielkości technologiczne, istotne dla przebiegu omawianych procesów: parametry masy formierskiej, odlewów, powietrza chłodzącego itd.

Urządzenia przenośnikowe to chłodziarki masy, których rozwiązania przedstawiono schematycznie na rysunkach 5 i 6. Dane dotyczące krajowych chłodziarek zestawiono na rysunku 7 [14]. W urządzeniach przenośnikowych elementarna warstwa masy (dl - rys.1b) przemieszczana wzdłuż urządzenia kontaktuje się kolejno ze strumieniami jednostkowymi powietrza o tych samych parametrach początkowych. Ten przebieg procesu chłodzenia wymaga zastosowania iteracyjnych metod obliczania bilansów ciepła i wilgoci.



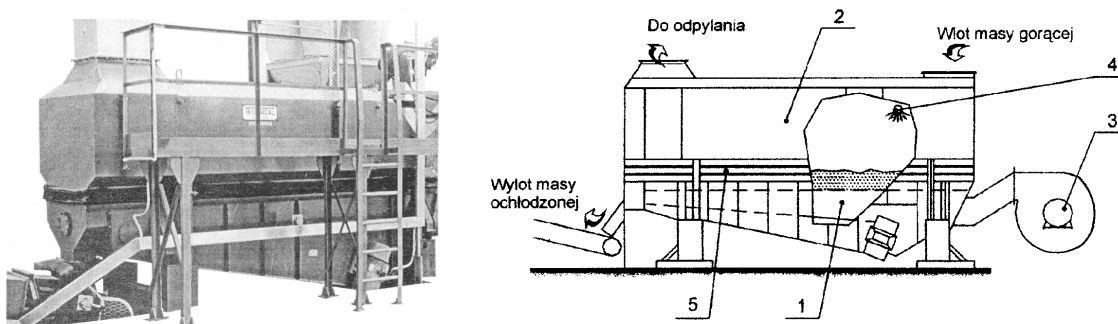
Rys. 5. Chłodziarka przenośnikowa [14]: 1 – przenośnik podający masę, 2 – listwy wyrównujące poziom masy, 3 – płyty perforowane, 4 – przewody doprowadzające powietrze, 5 – instalacja odciągowa, 6 – przenośnik taśmowy odbioru masy.



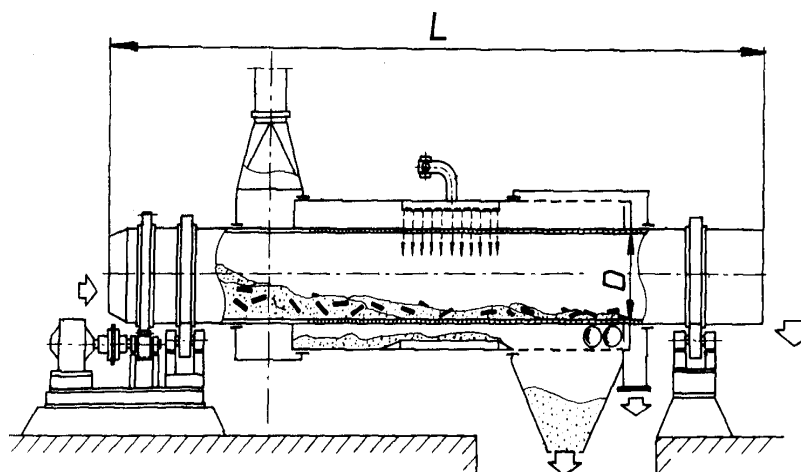
Rys. 6. Charakterystyka chłodziarek wibracyjno-fluidyzacyjnych serii CFM firmy TECHNICAL, Nowa Sól.

Wymiana ciepła i masy (w sensie fizycznym) jest najbardziej złożona w przypadku pracy wieloczynnościowych urządzeń bębnowych, obrotowych (rys.8) i wibracyjnych (rys. 9). Występuje w nich złożony ruch nadawy i dodatkowa wymiana ciepła pomiędzy odlewami a masą formierską oraz odlewami i powietrzem chłodzącym. Pozytywne rezultaty dało zastosowanie uproszczonych równań bilansowych ujmujących w sposób całościowy

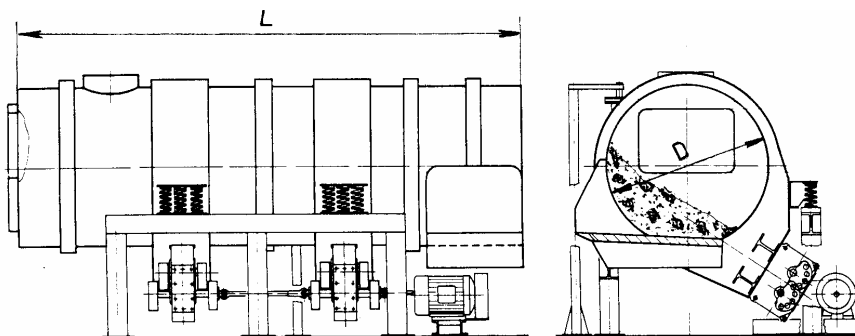
"uśrednioną" wymianę pomiędzy strumieniem masy formierskiej, odlewami, powietrzem chłodzącym i wodą. Na rysunku 10 przedstawiono przykładowe rezultaty obliczeń numerycznych procesu chłodzenia w urządzeniach przenośnikowych (pozwalające określić ilość niezbędnego do chłodzenia powietrza oraz wody uzupełniającej). Widoczny jest wpływ na wyniki obliczeń parametrów powietrza chłodzącego.



Rys. 7. Chłodziarka wibrofluidyzacyjna firmy TECHNICAL Nowa Sól [14]: 1- komora robocza, 2- komora separacji, 3- wentylator podmuchowy, 4- dysze wodne, 5- dno perforowane.



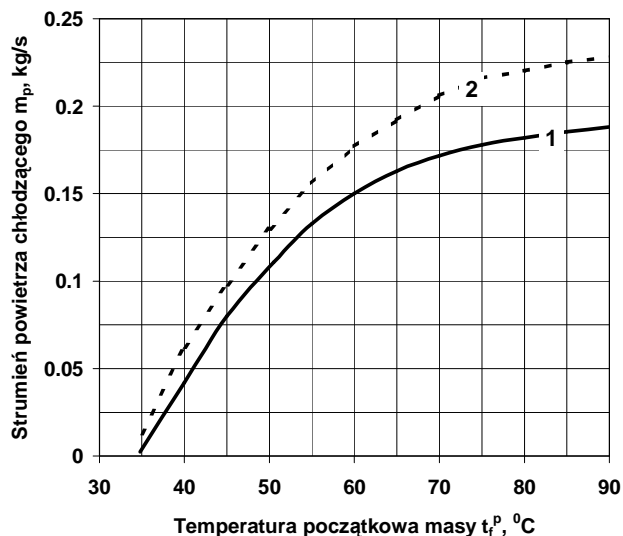
Rys. 8. Wieloczynnościowy przelotowy bęben obrotowy [14].



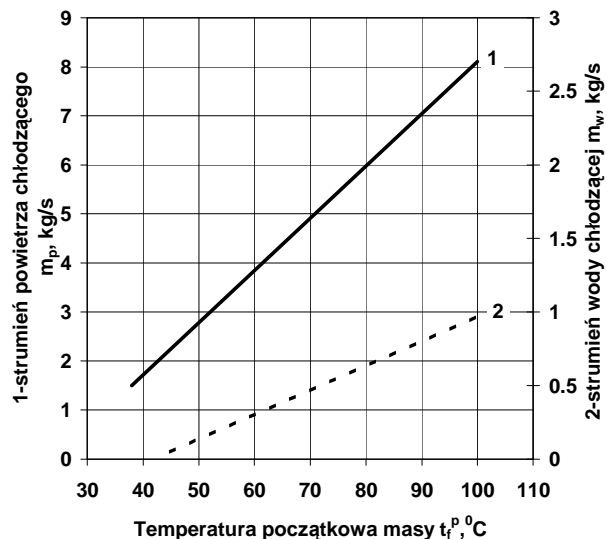
Rys. 9. Wieloczynnościowy przelotowy bęben wibracyjny [14].

Na rysunku 11 przedstawiono przykładowe wyniki obliczeń procesu chłodzenia masy w urządzeniu bębnowym. Interesujący jest fakt, że rozbieżności pomiędzy wyliczonymi parametrami pracy urządzeń chłodzących masę (według opracowanych modeli), a parametrami

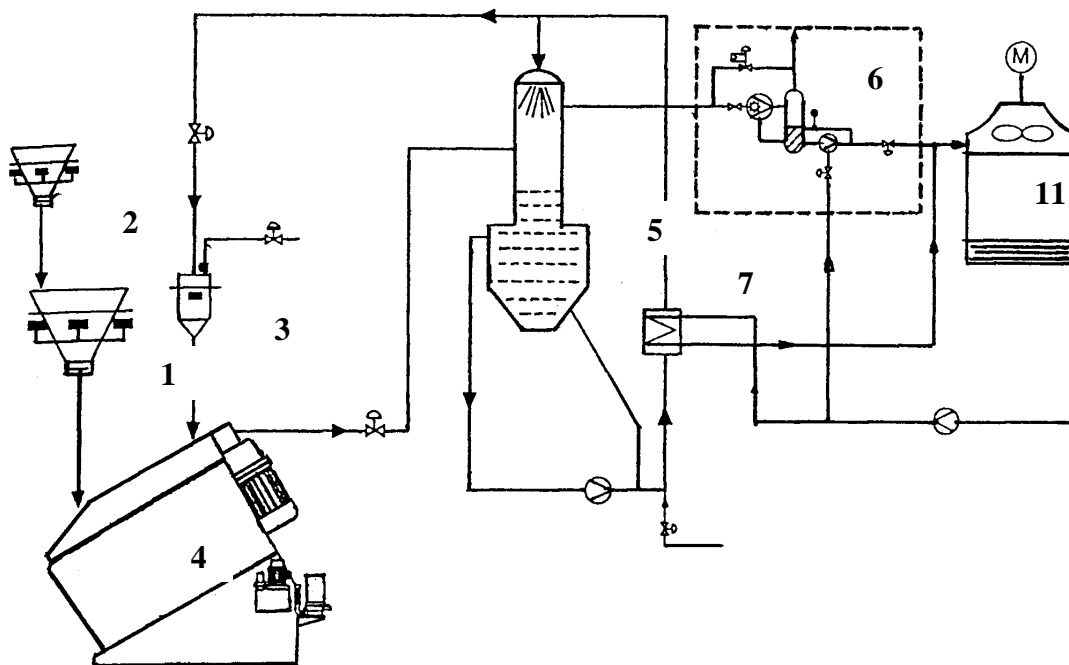
zalecanymi dla nich przez czołowych producentów maszyn odlewniczych nie przekraczają 20%. Uzyskano również dobrą zgodność obliczeń z wynikami badań urządzeń prototypowych [6,11].



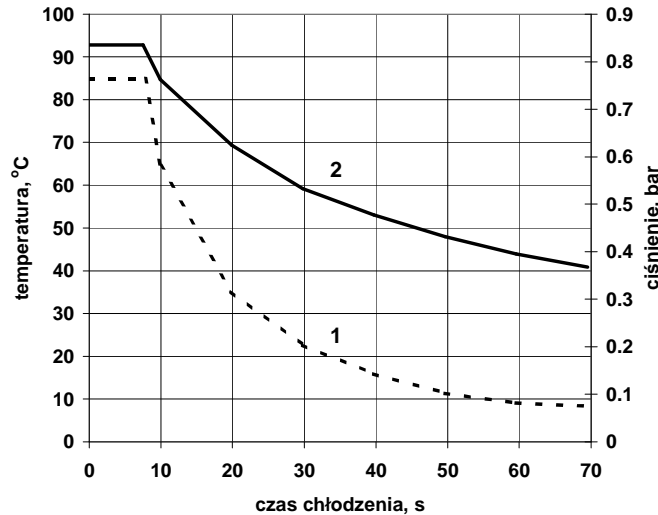
Rys. 10. Przykładowe wyniki obliczeń numerycznych procesu chłodzenia w chłodziarce przenośnikowej o wydajności 50t/h; parametry powietrza chłodzącego: 1 - $t_i^p = 10^\circ\text{C}$, $\varphi = 0.6$, 2 - $t_i^p = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 0.9$, $t_k = 35^\circ\text{C}$.



Rys. 11. Wyniki obliczeń parametrów procesu chłodzenia w wieloczynnościowym urządzeniu bębnowym o wydajności 50 t/h masy formierskiej; temperatura końcowa masy $t_k = 30^\circ\text{C}$.



Rys. 12. Schemat mieszarko-chłodziarki z podciśnieniowym systemem chłodzenia firmy Eirich [2]: 1- dozownik wagowy masy obiegowej, dozownik wagowy dodatków, dozownik wody, 4-mieszarko-chłodziarka, 5-kondensator, 6-pompa próżniowa, 7-wymiennik ciepła, 8- pompa wody chłodzącej.

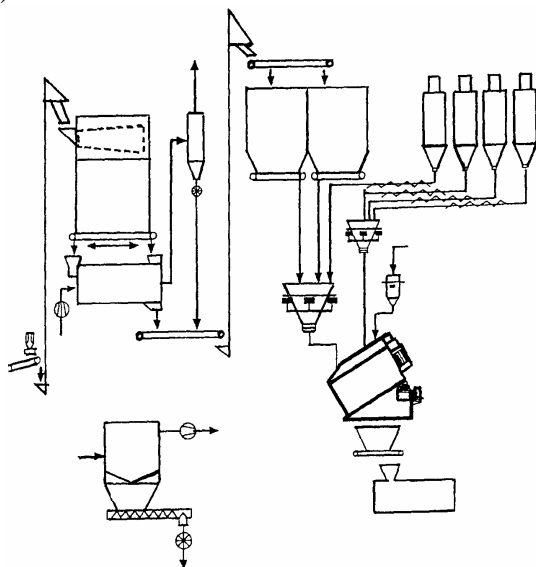


Rys. 13. Zmiana temperatury masy podczas chłodzenia [2]: 1-podciśnieniowego z dodatkiem wrzącej wody, 2-klasycznego, wyparnego z dodatkiem zimnej wody.

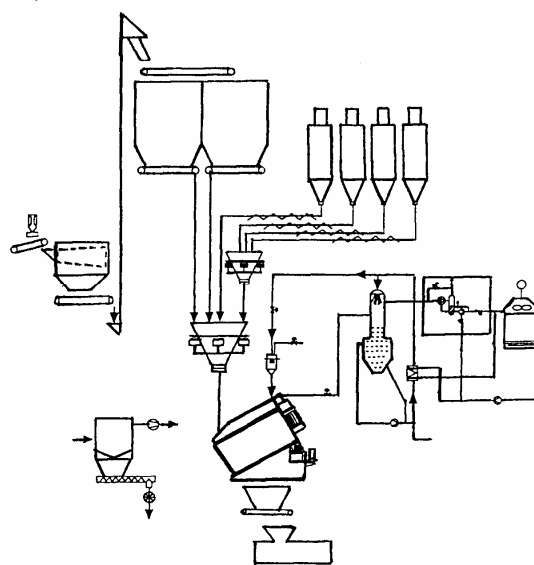
Dobór parametrów homogenizatorów został szerzej omówiony w pracach prowadzonych na Wydziale Odlewnictwa AGH [4,6,13]. Zasadniczym problemem jest w tym przypadku określenie optymalnej wielkości zasobu (rys. 1a) w stosunku do natężenia strumienia masy formierskiej doprowadzonej do homogenizatora. Najkorzystniejszym układem gwarantującym stabilny przebieg procesu chłodzenia masy jest zestaw urządzeń homogenizator - chłodziarka.

Obok znanych sposobów chłodzenia masy, jako odrębnych czynności przygotowania masy używanej, proponuje się chłodzenie i mieszanie masy w jednym urządzeniu (rys. 12) [1,2,5,7]. Mieszarko-chłodziarka posiada obrotową misę oraz stacjonarne wirniki i zgarniacze. W przestrzeni roboczej wytwarzane jest podciśnienie, o wartości niższej od prężności pary wodnej (w danej temperaturze), skutkiem czego woda zaczyna intensywnie parować, a masa ulega ochłodzeniu. Szybkość chłodzenia może być kontrolowana przez regulację szybkości obniżania ciśnienia. Potwierdzeniem faktu istotnego wpływu wartości podciśnienia na efekt chłodzenia są wartości zmian temperatury masy przy dodaniu do niej gorącej wody (rys.13).

a)



b)



Rys. 14. Porównanie wyposażenia linii zwrotu masy [2]: a – układu klasycznego z chłodziarką, b - układu z mieszarko-chłodziarką.

Metoda podciśnieniowego chłodzenia ma jeszcze jedną korzystną cechę, a mianowicie umożliwi wykorzystanie do nawilżania masy wody nie zawierającej soli, często szkodliwych dla bentonitu. Wodę tę uzyskuje się w wyniku kondensacji pary powstałej z tej części wody, która odparowuje z masy w wyniku oddziaływania wytworzonego podciśnienia. Ma miejsce zatem destylacja części wody dodawanej do masy. Odzyskiwana woda charakteryzuje się korzystniejszymi właściwościami w porównaniu z wodą wyjściową i nie zawiera soli. Stwierdzono ponadto, że warunki prowadzenia procesu sprzyjają uzyskiwaniu masy formierskiej o wysokich właściwościach [1,5,7].

Porównując rozwiązania układów zwrotu masy z chłodziarką i mieszarką wirnikową, przystosowaną do chłodzenia podciśnieniowego, pomysłodawcy wskazują [2,8] na oszczędności związane z uproszczeniem układu. Wynika to z faktu stosowania urządzenia spełniającego dwie funkcje: chłodzenia i sporządzania masy oraz eliminacją niektórych urządzeń transportowych (rys.14). W ciągu technologicznym unika się stosowania dodatkowych zasobników oraz złożonych instalacji odpylających. Wyliczono, że możliwa jest redukcja o ok. 50% systemu centralnego odpylania, zmniejszenie o ok. 20% objętości zasobników, a w efekcie zmniejszenie o ok. 35% kosztów konstrukcji i fundamentów [2,7,8].

4. Podsumowanie

Omówione urządzenia do homogenizacji i chłodzenia masy nie wyczerpują listy oferowanych rozwiązań. Stanowią uzupełnienie zagadnień procesu przerobu masy formierskiej, które przedstawiono na ubiegłorocznej Konferencji firmy TECHNICAL [4].

Wydaje się, że celowym byłoby rozszerzenie oferty o urządzenia oparte na oryginalnych, krajowych rozwiązaniach tym bardziej, że badania prototypów wykazały ich skuteczną i efektywną pracę. Dotyczy to rozwiązań separatora wibrofluidyzacyjnego, homogenizatora korytowego oraz wielofunkcyjnych bębnow obrotowych [3,4,6].

Celowe byłoby rozważenie też wyposażenia mieszarek wirnikowych, firmy TECHNICAL, w układy chłodzenia podciśnieniowego. Pomocne będą przy tym wieloletnie już doświadczenia projektowe i eksploatacyjne.

Wymaga podkreślenia istotność prawidłowego doboru parametrów urządzeń do homogenizacji i chłodzenia masy formierskiej. Ułatwieniem w tym względzie są opracowane programy obliczeniowe uwzględniające: parametry technologiczne procesu wykonywania odlewów, typ urządzenia, decydujący o procesach wymiany ciepła i wilgoci oraz podstawowe parametry procesu chłodzenia. Wyniki obliczeń mogą być wykorzystane do doboru parametrów konstrukcyjnych na etapie projektowania nowych urządzeń, jak również stanowić bazę opracowania algorytmów sterowania pracą urządzeń istniejących. Ostatnie zagadnienie jest szczególnie ważne z uwagi na znaczne wahania parametrów masy, na wejściu do urządzeń, wynikające ze specyfiki technologicznej.

5. Literatura

1. Brümmer E.: Jahresübersicht Formstoffe. Giesserei 86, nr 11, 1999, s.80.
2. Drews B.: Gleichzeitiges Mischen und Kühlen von Formsand unter Vakuum. Giesserei 86, nr 6, 1999, s. 138.
3. Fedoryszyn A., Smyksy K., Gregoraszczyk M., Bast J.: Problematyka badań wibrofluidyzacyjnych chłodziarek masy formierskiej. Acta Metallurgica Slovaca, 5, 1999, s. 93÷97.
4. Fedoryszyn A., Dańko J., Smyksy K.: Analiza wyposażenia linii przygotowania masy używanej. Materiały Konferencji TECHNICAL-2001.

5. Grefhorst C., Kleimann W.: Bentonitgebundene Formstoffe – Stand der Technik und Erwartungen für die Zukunft. *Giesserei* 86, nr 6, 1999, s.145.
6. Gregoraszczyk M., Fedoryszyn A., Smyksy K.: Charakterystyka bębnowych urządzeń do oddzielania odlewów oraz przygotowania formierskiej masy używanej. *Acta Metallurgica Slovaca*, 5, 1999, s. 104÷108.
7. Hohl B.: System of Computer-assisted Quality Assurance in Molding Sand Preparation Plants. *Casting Plant + Technology*, nr 1, 1994, s. 8.
8. Krysiak M.B.: New Conditioning Practice Improves Sand Performance. *Modern Casting*, nr 2, 2000, s. 40.
9. Lewandowski J. L.: Tworzywa na formy odlewnicze. Wyd. Akapit. Kraków, 1997.
10. Samsonowicz Z.: Automatyzacja procesów odlewniczych. WNT. Warszawa, 1985.
11. Sztefko F.: Analiza procesów przygotowania formierskiej masy używanej w aspekcie ich mechanizacji. *Zeszyty Naukowe AGH, Metalurgia i Odlewnictwo*, nr 139, Kraków, 1991.
12. Żakowski C., Pawlak M., Łyszkowski T.: Optymalizacja odświeżania masy formierskiej z zastosowaniem techniki komputerowej. *Prace Komisji Metalurgiczno-Odlewniczej, Metalurgia PAN O/Kraków*, 1991, s. 145.
13. Żurawski L., Dańko J.: Aktualny stan oraz tendencje rozwojowe w zakresie konstrukcji urządzeń nawilżająco-homogenizujących. *Materiały VI Sympozjum Naukowego z okazji Dnia Odlewnika. IT i MO AGH. Kraków*, 1980, s. 55.
14. Prospekty firm: Bonvillain-Ronceray, Eirich, General Kinematics, Georg Fischer, SIMPSON Technologies, TECHNICAL, Webac.

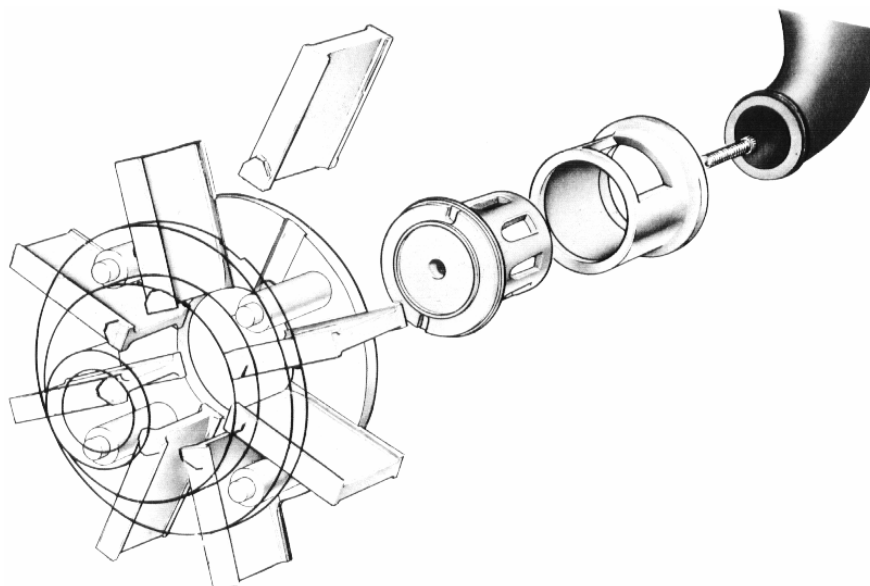
USTAWIENIE WIRNIKA I ŁOPATEK OCZYSZCZARKI

Dr inż. Zenon Niedźwiedzki - Politechnika Łódzka- Zakład Odlewnictwa
Prof. dr hab. inż. Andrzej Jopkiewicz- Politechnika Łódzka- Zakład Odlewnictwa

W opracowaniu przedstawiono obliczenia oraz analizę wyników ustawienia: tulei, wirnika rozdzielczego oraz łopatek roboczych wirnika oczyszczarki. Określono właściwe ustawienie łopatek rozdzielczych względem łopatek roboczych. Przedstawiono sugestie powiększenia pola rzucania śrutu oraz wyrównania intensywności (gęstości) jego padania co zdaniem autorów zwiększa wydajność i jakość czyszczonych powierzchni odlewów.

1. Wprowadzenie.

Najbardziej znaną i stosowaną metodą oczyszczania odlewów jest czyszczenie śrutem żeliwnym lub stalowym, wyrzucanym przez wirnik oczyszczarki.



Rys. 1. Wirnik oczyszczarki.

W początkowym rozwoju oczyszczarek były one projektowane w oparciu o dane uzyskane z praktyki. Głębszą analizę zjawisk zachodzących w wirniku rzutowym oczyszczarki można przeprowadzić w oparciu o teoretyczne podstawy ruchu śrutu w wirniku. Zagadnieniami ruchu śrutu w wirniku rzutowym zajmowali się G.M. Orłow, W.M. Griebienik, M.M. Sawierin i inni [2].

Z ogólnej teorii pracy wirnika z prostą łopatką, ustalono równanie drogi i prędkości śrutu (cząstki materialnej). Dla prawidłowego obliczenia parametrów zejścia cząstki materialnej z łopatek wirnika niezbędnym jest prawidłowe ustalenie kształtu porcji śrutu na łopatce wirnika rozdzielczego oraz wielkość wejścia jej na łopatkę roboczą wirnika. Z dokładnej analizy kształtu przekroju porcji formowanej na łopatce rozdzielczej wynika, że wystarczająco dokładne przybliżenie daje założenie, iż przekrój ten ma obrys równoramiennego trójkąta prostokątnego. Przyjmując powyższe założenia, w oparciu o zadaną wydajność rzutową wirnika, liczbę łopatek i wymiary wirnika rozdzielczego, można obliczyć parametry zejścia skrajnych cząstek

materialnych. Przy obliczaniu wielkości wejścia i zejścia cząstek materialnych z łopatki roboczej ważnym jest uściślenie kształtu toru swobodnego lotu cząstek.

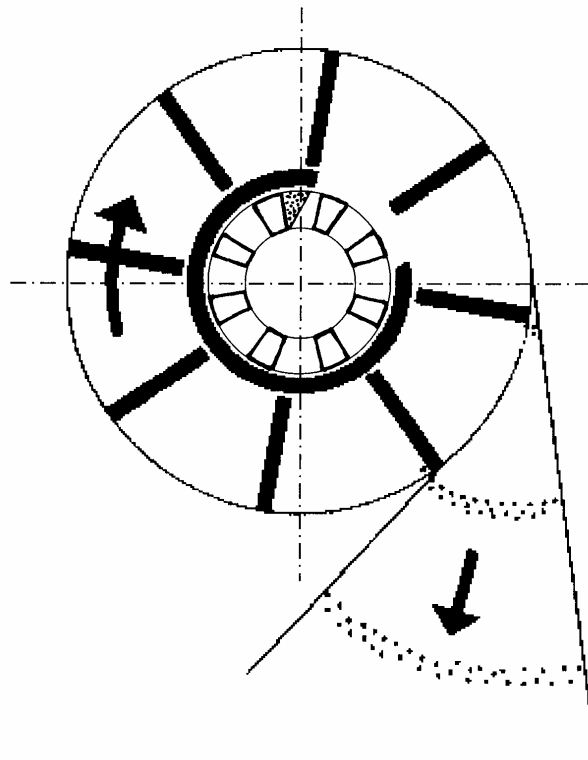
Cząstki materialne opuszczając wirnik rozdzielczy podlegają w locie swobodnym polu sił ciężkości, które to powoduje zaginanie ich torów. Zaginanie torów jest uzależnione również od kąta ustawienia tulei regulacyjnej i kierunku rzucania.

Dynamika ruchu cząstek materialnych na łopatkach roboczych uzależniona jest od miejsca wejścia cząstki na łopatkę, jej kształtu początkowego i końcowego. Końcowy kształt łopatki roboczej wpływa na prędkość zejścia cząstki materialnej (śrutu), oraz na położenie toru lotu. Odpowiednie kształtowanie łopatek roboczych daje możliwość zwiększenia powierzchni oczyszczania oraz wyrównania gęstości padania śrutu, co ma istotne znaczenie na jakość procesu oczyszczania odlewów.

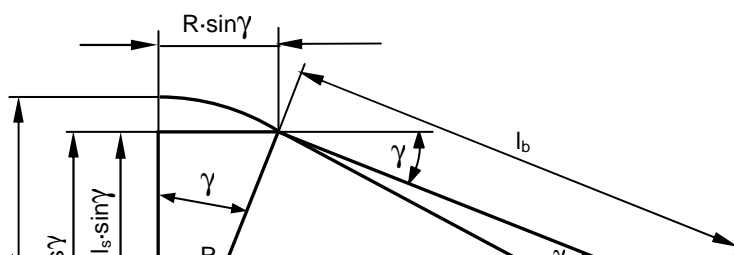
2. Proces formowania w wirniku rozdzielczym i ruchu pryzmy śrutu.

2.1. Trajektoria lotu cząstki materialnej.

Zastosowane równania modelu matematycznego procesu formowania i rzucania śrutu dotyczą wirnika oczyszczarki, którego przekrój przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Przekrój wirnika oczyszczarki.



Rys. 3. Miejsce geometryczne wejścia cząstki materialnej dla poziomego i skośnego ustawienia tulei w polu ciężkości i bez pola: R – promień zewnętrzny wirnika rozdzielczego, R_{1s} – promień wejścia cząstki materialnej na łopatkę roboczą przy skośnym ustawieniu tulei regulacyjnej, R_{1sg} – promień wejścia cząstki materialnej na łopatkę przy skośnym ustawieniu tulei regulacyjnej (lot w polu grawitacyjnym), γ – kąt obrotu tulei regulacyjnej mierzony od pionowego promienia, α_s – kąt położenia łopatki roboczej przy skośnym ustawieniu tulei, α_{sg} – kąt położenia łopatki roboczej przy skośnym ustawieniu tulei dla lotu cząstki materialnej w polu grawitacyjnym, l_b – długość drogi swobodnego lotu cząstki materialnej, s – pionowa odchyłka położenia cząstki w locie parabolicznym i prostoliniowym.

Dla przyjętych kątów α_s i α_{sg} położenia łopatki roboczej (Rys. 3) w momencie wejścia cząstki materialnej na tą łopatkę przy dowolnym położeniu tulei określonym kątem γ , można obliczyć promienie wejścia R_{1s} i R_{1sg} . Wielkości te określa się z zależności geometrycznych dla dowolnego ustawienia tulei regulacyjnej w chwili wejścia cząstki materialnej na łopatkę warunkach lotu swobodnego nie odciążonego grawitacją:

$$\alpha_s = \operatorname{arctg} \frac{R \cdot \sin \gamma + l_b \cdot \cos \gamma}{R \cdot \cos \gamma - l_b \cdot \sin \gamma}$$

oraz dla poziomego ustawienia tulei kierującej tj.: gdy $\gamma=0$,

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{l_b}{R}$$

Odpowiednia wartość promienia wejścia cząstki materialnej na łopatkę roboczą przy skośnym (dowolnym) ustawieniu tulei regulacyjnej wyniesie:

$$R_{1s} = \frac{R \cdot \cos \gamma - l_b \cdot \sin \gamma}{\cos \alpha_s}$$

oraz dla przypadku poziomego ustawienia tulei kierującej tj.: gdy $\gamma=0$

$$R_1 = \frac{R}{\cos \alpha}$$

W przypadku skośnego (dowolnego) ustawienia tulei i swobodnego lotu cząstki materialnej w polu grawitacyjnym kąt położenia łopatki roboczej α_{sg} w chwili wejścia cząstki materialnej wyniesie:

$$\alpha_{sg} = \operatorname{arctg} \frac{R \cdot \sin \gamma + l_b \cdot \cos \gamma}{R \cdot \cos \gamma - l_b \cdot \sin \gamma - s}$$

gdzie: s – jest pionową odchyłką położenia cząstek w locie parabolicznym w polu grawitacyjnym od toru po linii prostej w polu nieobciążonym grawitacją.

Dla poziomego ustawienia tulei regulacyjnej tj.: gdy $\gamma=0$ mamy:

$$\alpha_{sg} = \arctg \frac{l_b}{R-s}$$

Stąd promień wejścia cząstki materialnej na łopatkę rzutową przy skośnym (dowolnym) ustawieniu tulei regulacyjnej określony jest zależnością:

$$R_{1sg} = \frac{R \cdot \cos \gamma - l_b \cdot \sin \gamma - s}{\cos \alpha_{sg}}$$

oraz dla przypadku poziomego ustawienia tulei regulacyjnej tj.: gdy $\gamma=0$

$$R_{1g} = \frac{R-s}{\cos \alpha_g}$$

Wykonując szczegółowe wyliczenia dla przykładowego wirnika rzutowego, którego wielkości zamieszczono w tabeli 1 tj.: o kącie obrotu tulei regulacyjnej zawierającego się w granicach $\gamma=\pm 23^0$ oraz promieniu zewnętrznym wirnika rozdzielczego $R=47,75\text{mm}$. Długość drogi swobodnego lotu cząstki „b” przy optymalnym kącie wyprzedzenia i odległości wejścia od początku łopatki: $c=3\text{mm}$ wynosi $l_b=58,48\text{mm}$. Drodze tej odpowiada czas lotu $t_{sb}=0,0051298\text{s}$ oraz obniżenie $s=0,13\text{mm}$.

Tabela 1.

Nazwa	Wartość
Strumień masy śrutu	150 kg/min
Obroty wirnika, n	2280 obr/min
Szerokość łopatki, b	40 mm
Gęstość nasypowa śrutu, δ	3650 kg/m ³
Promień zewnętrzny wirnika rozdzielczego, R	47,75 mm
Promień osadzenia łopatki roboczej, R ₁	72,50 mm
Kąt wyprzedzania łopatki rozdzielczej względem roboczej	6,68 ⁰

Natomiast kąt położenia łopatki rzutowej przy skośnym ustawieniu tulei α_s wynosi: $\alpha_s=73,77^0$ a dla poziomego ustawienia tulei regulacyjnej $\alpha=50,77^0$.

Wartość promienia wejścia cząstki materialnej na łopatkę przy skośnym ustawieniu tulei regulacyjnej wynosi: $R_{1s}=75,508\text{mm}$ oraz dla przypadku poziomego ustawienia tulei regulacyjnej $R_1=75,502\text{mm}$.

Kąt położenia łopatki α_{sg} w chwili wejścia cząstki materialnej, której swobodny lot odbywa się w polu grawitacyjnym dla skośnego ustawienia tulei regulacyjnej ma wartość $\alpha_{sg}=73,86^0$ oraz dla poziomego ustawienia tulei regulacyjnej $\alpha_{sg}=50,84^0$

Odpowiada temu wartość promienia wejścia cząstki materialnej na łopatkę roboczą $R_{1sg}=75,451\text{mm}$ oraz dla poziomego ustawienia tulei regulacyjnej $R_{1g}=75,409\text{mm}$

Wartości otrzymane z przeprowadzonych obliczeń zestawiono również w tabeli 2.

Tabela 2

Kąt	Promień
$\alpha_s = 73,77^0$	$R_{1s} = 75,508\text{mm}$
$\alpha = 50,77^0$	$R_1 = 75,502\text{mm}$
$\alpha_{sg} = 73,86^0$	$R_{1sg} = 75,451\text{mm}$
$\alpha_g = 50,84^0$	$R_{1g} = 75,409\text{mm}$

Z analizy powyższych danych wynika, że kąt położenia tulei regulacyjnej γ w zakresie jej obrotu $\pm\gamma$ nie wpływa istotnie na wartość promienia wejścia cząstki materialnej na łopatkę rzutową tak dla przypadku lotu swobodnego cząstki w polu grawitacyjnym, jak i bez niego.

W oparciu o powyższe wywody można przyjąć z wystarczającym przybliżeniem, że lot swobodny cząstek materialnych schodzących z łopatek wirnika rozdzielczego odbywa się po prostych, których współczynniki kierunkowe są uzależnione od kąta położenia tulei regulacyjnej oraz zajmowanego położenia w rzucanej porcji cząstek materialnych.

2.2. Przekrój pryzmy śrutu.

Oznaczając przez V objętość rzucanego śrutu w m^3 na godzinę, przy n obrotach wirnika na minutę oraz przez i liczbę łopatek rozdzielczych wirnika a szerokie łopatki przez b , można obliczyć objętość rzucanej porcji śrutu.

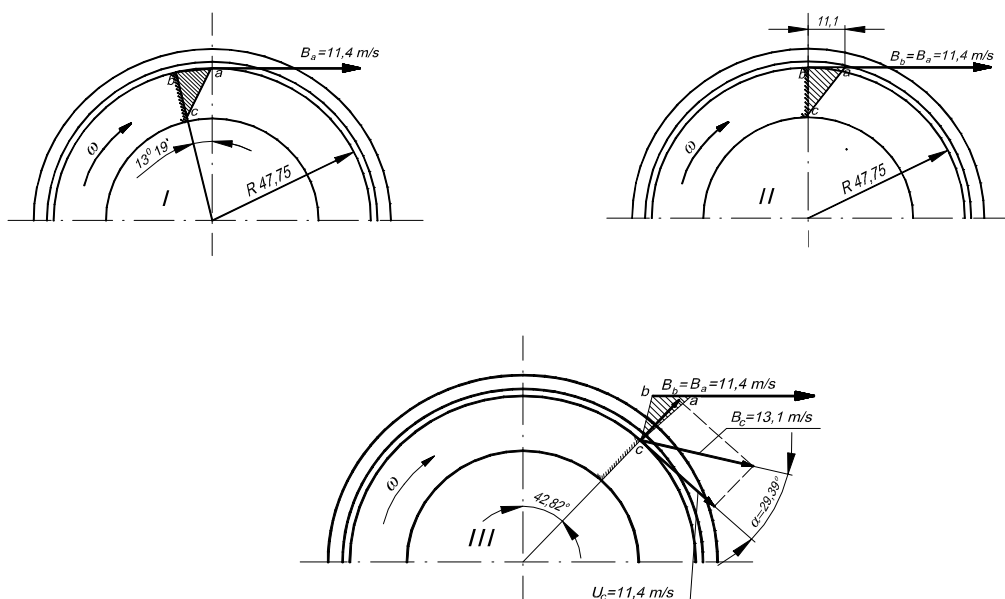
W czasie jednego obrotu $1/n$ (min/obr) wyrzucana zostaje objętość śrutu $S \cdot b \cdot i$, gdzie S jest przekrojem rzucanej porcji w m^2 . Stąd minutowy wydatek rzucanego śrutu wynosi:

$$\frac{V}{60} = S \cdot b \cdot i \cdot n \quad \text{zatem} \quad S = \frac{V}{60 \cdot b \cdot i \cdot n}, \text{ m}^2$$

Długość boku trójkąta prostokątnego równoramiennego stanowiącego kontur przekroju pryzmy śrutu wynosi $d = \sqrt{2 \cdot S}$. Obliczenia dokładne, które uwzględniają kształt swobodnej powierzchni pryzmy śrutu różnią się w kierunku promieniowym d_r o wartość stosunku $d/d_r = 1,061$ oraz w kierunku stycznym (prostopadłym do promienia) d_s o wartość stosunku $d/d_s = 0,956$.

2.3. Fazy zejścia śrutu z łopatki wirnika rozdzielczego.

Uwzględniając kształt przekroju pryzmy śrutu z obliczeń dokładnych oraz rzeczywiste wymiary wirnika rozdzielczego, poszczególne fazy zejścia śrutu przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Fazy zejścia cząstek a , b oraz c z łopatki rozdzielczej.

Na rys. 4. naniesiono konkretne wymiary wirnika o parametrach zaprezentowanych w tabl. 1. Dla tych wyników przeprowadzono zgodnie z wzorami obliczenia. Obliczenia wykonano dla prędkości obrotowej wirnika $n = 2280 \text{ obr/min}$.

Cząstka c rozpoczyna ruch gdy łopatką koszyka znajdzie się w fazie II. Czas jej ruchu aż do osiągnięcia promienia zejścia obliczamy z następujących relacji:

$$x = \frac{\omega \cdot x_1 (\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu) + W_1}{2 \cdot \omega \sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot \exp[\omega \cdot t (\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu)] +$$

$$+ \frac{\omega \cdot x_1 (\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu) - W_1}{2 \cdot \omega \sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot \exp[-\omega \cdot t (\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu)]$$

w której wielkości mają następujące wartości: $x=R=0,04775$ m; $x_1=0,04775-0,010=0,03775$ m; $W_1=0$; $\omega=238,76$ rad/s oraz współczynnik tarcia śrutu o łopatkę $\mu=0,2$. Czas zejścia t mierzony jest w sekundach.

Rozwiązując powyższe równanie drogi metodą kolejnych przybliżeń, czas ruchu cząstki od położenia c do b, który oznaczono t_{cb} wyniesie: $t_{cb} = 0,00313$ s

Prędkość zejścia cząstki c obliczamy z równania prędkości:

$$W = \frac{\omega \cdot x_1 + W_1 (\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu)}{2 \cdot \sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot \exp[\omega \cdot t (\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu)] +$$

$$+ \frac{\omega \cdot x_1 - W_1 (\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu)}{2 \cdot \sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot \exp[-\omega \cdot t (\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu)]$$

Uwzględniając w powyższej relacji: $W_1=0$; $t=t_{cb}=0,00313$ s oraz $\omega=238,76$ rad/s otrzymujemy:

$$W = W_c \approx 6,42 \text{ m/s}$$

Prędkość bezwzględna zejścia z łopatki rozdzielczej cząstki c B_c określona jest relacją:

$$B_c = \sqrt{W_c^2 + U_c^2}$$

Ponieważ prędkość unoszenia $U_c=11,40$ m/s to wartość B_c wynosi:

$$B_c = \sqrt{6,42^2 + 11,40^2} = 13,083 \text{ m/s}$$

Kąt zawarty między kierunkiem wektora prędkości B_c , a kierunkiem stycznej w punkcie c do okręgu o promieniu R jest określony relacją: $\alpha_c = \text{arctg} \frac{W_c}{U_c}$

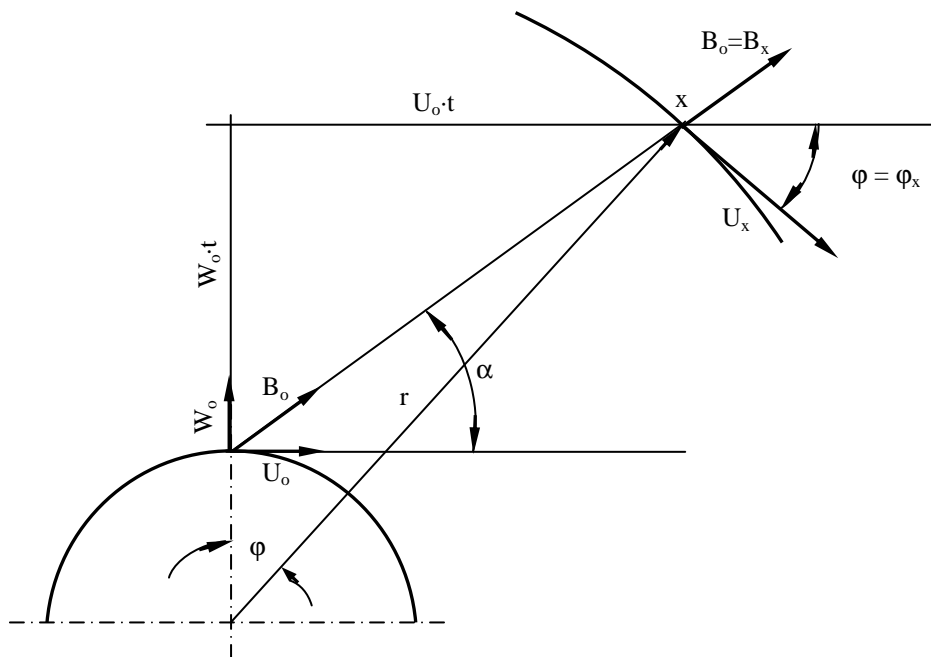
$$\text{Natomiast wartość kąta } \alpha_c = \text{arctg} \frac{6,42}{11,40} = 29,39^\circ$$

W czasie schodzenia cząstki c do położenia cząstki b równym $t_{cb}=0,00313$ s wirnik wykona obrót o kąt $\omega \cdot t_{cb}=238,76 \cdot 0,00313=0,7473$ rad tj. $42,82^\circ$ ($42^\circ 49'$).

Natomiast cząstka a i b przesunie się w kierunku stycznym do okręgu R od punktu a o odcinek $0,00313 \cdot 11,40=0,03568$ m= $35,68$ mm. W dalszych obliczeniach określa się wielkości punktów styku końców porcji śrutu rzucanego na łopatkę.

3. Parametry optymalnego ustawienia wirnika rozdzielczego względem łopatek roboczych.

Z analizy ruchu cząstek względem tarczy wirnika po zejściu ich z łopatki wirnika rozdzielczego określono miejsce geometryczne wejścia śrutu na łopatkę roboczą. W przypadku ogólnym cząstka schodzi z łopatki wirnika rozdzielczego pod kątem α_0 do stycznej wprowadzonej w punkcie zejścia wirnika rozdzielczego o promieniu R jak to przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Ruch cząstki po zejściu z łopatki wirnika rozdzielczego.

Bezwzględny ruch cząstki w przestrzeni po zejściu z wirnika rozdzielczego koszyka będzie wyrażony we współrzędnych biegunowych, wektorem r

$$r = \sqrt{(U_0 \cdot t)^2 + (R + W_0 \cdot t)^2}$$

gdzie t jest czasem mierzonym od chwili zejścia, a φ jego kątem położenia r .

$$\varphi = \arctg \frac{U_0 \cdot t}{R + W_0 \cdot t}$$

Odpowiednio U_0 i W_0 – są składowymi stycznej i normalnej wektora prędkości bezwzględnej B_0 w momencie zejścia cząstki z wirnika rozdzielczego. Ruch cząstki względem wirnika w tychże współrzędnych, jest przedstawiony za pomocą promienia r oraz kąta φ' równego $\varphi - \omega \cdot t$, albowiem koło wirnika w czasie t obróci się o kąt $\omega \cdot t$.

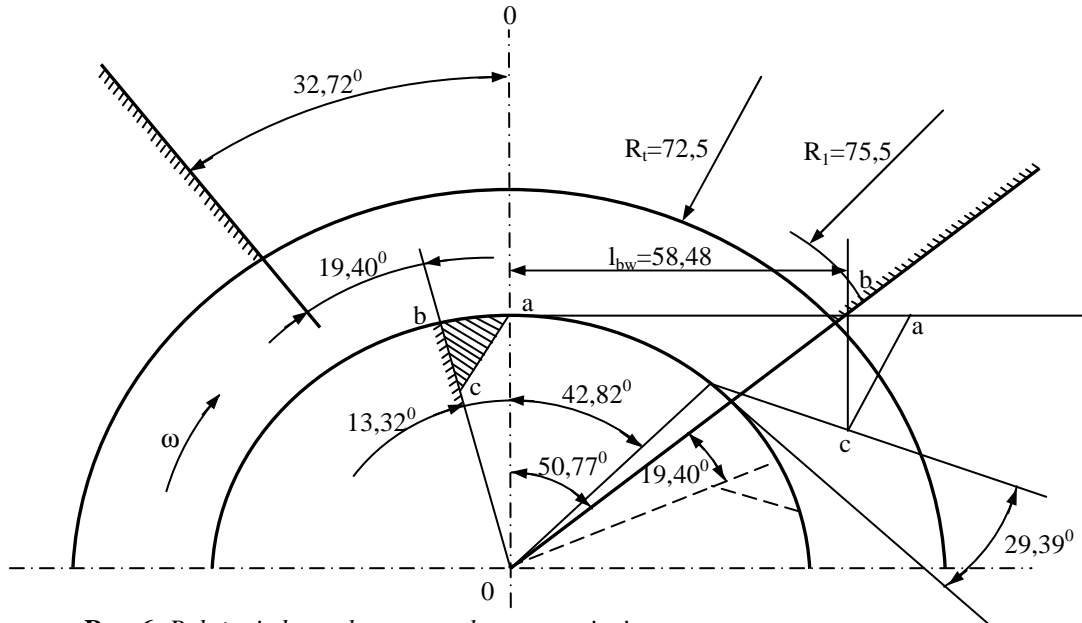
Stąd:

$$\varphi^* = \arctg \frac{U_0 \cdot t}{R + W_0 \cdot t} - \omega \cdot t$$

Obliczając dla dowolnych wartości t współrzędne r i φ^* cząstek a , b i c pozwalają na znalezienie punktów wejścia ich na łopatkę rzutową.

Stosując metodę kolejnych położen określono odcinki drogi swobodnego lotu cząstek a , b i c po kolejnych chwilach obrotu wirnika rzutowego.

Wyznaczając odcinek drogi swobodnego lotu cząstki b l_{bw} z analizy geometryczno ruchowej określa się optymalny kąt ustawienia łopatek. Wynik obliczeń przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Położenie łopatek w optymalnym ustawieniu

4. Proces wejścia śrutu na łopatkę roboczą wirnika, rozpędzanie oraz rzucanie.

4.1. Fazy ruchu i prędkości zejścia śrutu z łopatki roboczej wirnika.

Cząstki a , b , c wchodzi na łopatkę roboczą w odległości l_{aw} , l_{bw} , l_{cw} , którym odpowiada promień wejścia R_{1a} , R_{1b} , R_{1c} , pod kątem wejścia θ_a , θ_b , θ_c zawartym między promieniem wejścia, a kierunkiem wektora prędkości względnej W_{1at} , W_{1bt} , W_{1ct} . Po czasie t_{za} , t_{zb} , t_{zc} osiągnięte zostaną

- prędkość zejścia W_{2a} , W_{2b} , W_{2c} ,
- prędkość unoszenia $U_{2a}=U_{2b}=U_{2c}$,
- prędkość bezwzględna B_{2a} , B_{2b} , B_{2c} .

Kąt między wektorem prędkości bezwzględnej cząstki i prędkością unoszenia na zejściu oznaczono jako α_{wua} , α_{wub} , α_{wuc} jest osiągany przy położeniu łopatki roboczej pod kątem α_{za} , α_{zb} , α_{zc} . Wielkość kąta rozrzutu śrutu przez wirnik oznaczono $\xi=(\alpha_{za}+\alpha_{wua})-(\alpha_{za}+\alpha_{wuc})$.

Wyniki omawianych wielkości dla ustawienia producenta oraz optymalnego zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3

Ustawienie	Indeks	R_1	α_1	θ	W_{1t}	t_z	W_2	B_2	α_{uw}	α_z
Producenta	a	131	$68,62^0$	$68,62^0$	10,62	0,0044	43,89	73,23	$36,82^0$	$128,81^0$
	b	120	$66,55^0$	$66,55^0$	10,46	0,0048	44,78	73,77	$37,38^0$	$132,21^0$
	c	118,5	$82,51^0$	$62,59^0$	12,24	0,00465	48,39	76,01	$39,54^0$	$146,12^0$

Optymalne	a	89,74	57,85 ⁰	57,85 ⁰	9,65	0,00611	46,77	74,99	38,58 ⁰	141,43 ⁰
	b	75,50	50,77 ⁰	50,77 ⁰	8,83	0,0069	47,34	75,35	38,92 ⁰	145,16 ⁰
	c	82,10	73,00 ⁰	48,93 ⁰	11,30	0,00622	47,36	75,36	38,94 ⁰	158,09 ⁰

Z analizy danych wynika, że uzyskano znacznie korzystniejsze parametry wejścia porcji śrutu na łopatkę rzutową tj. mniejsze promienie wejścia $R_{1a,b,c}$ oraz mniejsze kąty wejścia $T_{a,b,c}$ jak również zmniejszono prędkość wejścia $W_{1a,b,c}$.

Uzyskano równomierniejszą prędkość zejścia śrutu z łopatki rzutowej $B_{2a,b,c}$, która dla starego ustawienia średnio wynosi 74,337 m/s oraz dla nowego 75,233 m/s.

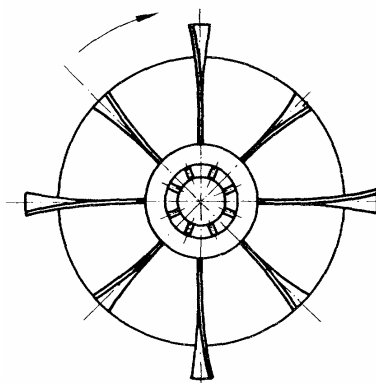
Uzyskano równomierniejsze kąty zejścia A_{uw} oraz większy kąt rozrzutu, który w starym ustawieniu wynosi 14,59⁰ oraz w nowym 16,30⁰. Energia kinetyczna jednego gramowego śrutu w starym ustawieniu wynosi 2762,99 (g·m²)/s² a w nowym ustawieniu 2830,00 (g·m²)/s².

Strata energii kinetycznej powoduje zarówno zwiększenie zużycia łopatki rzutowej jak też zmniejszenie skuteczności czyszczenia i tym samym obniżenie sprawności wirnika oczyszczarki.

5. Wirnik o łopatkach kształtowych.

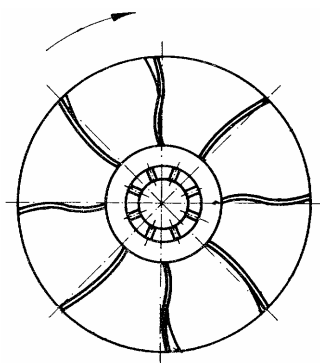
Wirniki z łopatkami roboczymi o innym kształcie niż płaski pozwalają na uzyskanie większej powierzchni czyszczenia oraz uzyskanie równomierniejszej gęstości padania śrutu na czyszczoną powierzchnię (rys. 7) [3,4].

Łopatki kształtowe pozwalają na uzyskanie większej szerokości powierzchni padania śrutu niż wynosi szerokość łopatki roboczej. Przykłady wirników z łopatkami kształtowymi o różnej długości, zwichrowanymi przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Wirnik z łopatkami kształtowymi o różnej długości, zwichrowanymi

oraz z łopatkami zwichrowanymi zagiętymi do przodu i tyłu na zejściu oraz zagiętymi ma wejściu przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Wirnik z łopatkami kształtowymi zwichrowanymi, zagiętymi do przodu i tyłu

6. Zakończenie.

Przedstawione i zaproponowane sposoby rozwiązań konstrukcyjnych wirnika oczyszczarki, zdaniem autorów zasłużyły na praktyczne zastosowanie w obecnie produkowanych urządzeniach. Pozwoli to na zwiększenie możliwości regulacyjnych oraz na dobór optymalnych parametrów pracy wirnika i oczyszczarki. Autorzy przeprowadzili również wstępne próby w skali przemysłowej [2] z zaproponowanymi rozwiązaniami jak też nowo opracowanym materiałem na łopatki. Wyniki prób przemysłowych należy uznać za obiecujące.

7. Literatura.

- [1] Gregoraszczyk M.: Maszynoznawstwo Odlewnicze, Wydawnictwo AGH, Kraków 1994 r.
- [2] Niedźwiedzki Z.: Opracowanie konstrukcji i technologii wykonania łopatki rzutowej do oczyszczarek. Archiwum IIMiTB PŁ, Łódź 1984 r.
- [3] Niedźwiedzki Z., Asłanowicz M.: Łopatką rzutową wirnika oczyszczarki śrutowej. Patent Nr 232694. Warszawa 1990 r.
- [4] Niedźwiedzki Z.: Wirnik rzutowy oczyszczarki śrutowej. Patent Nr 142099. Warszawa 1990 r.
- [5] Prospekty firm: Georg Fischer, Wheelabrator, Schlick, V+S.

SYSTEMY STEROWANIA MASZYN, URZĄDZEŃ I LINII TECHNOLOGICZNYCH W NOWOCZESNYCH ODLEWNIACH

inż. Waldemar Bojanowski

- TECHNICAL – Nowa Sól

inż. Paweł Naskręt

- TECHNICAL – Nowa Sól

1. Wstęp.

Konstruowanie i produkcja nowoczesnych maszyn, urządzeń i linii technologicznych w przemyśle odlewniczym wymaga zastosowania nowoczesnych i niezawodnych metod sterowania tymi urządzeniami.

TECHNICAL dąży do tego, aby produkowane maszyny, urządzenia oraz linie technologiczne dla przemysłu odlewniczego były odzwierciedleniem najnowszych osiągnięć w technice światowej.

Systemy sterowania stosowane przez TECHNICAL całkowicie oparte są na technice mikroprocesorowej.

Wieloletnie doświadczenie naszych specjalistów, jak również stosowanie najnowszych sprawdzonych rozwiązań w zakresie techniki sterowania, gwarantują najwyższą jakość produkowanych przez TECHNICAL maszyn i urządzeń.

Wysoki poziom rozwiązań w zakresie techniki sterowania gwarantują:

- projektowanie układów automatyki w oparciu o komputerowe systemy wspomagające CAD (AutoCAD LT 2000, See 800 oraz Schema 3000, SIMARIC Manager, CBreeze V4.07, Logicmaster 90-30, OIU Configuration Software, Versa Pro),
- stosowanie niezawodnych sterowników swobodnie programowalnych firmy GENERAL ELECTRIC FANUC, SIMATIC,
- nowoczesne układy naważania składników firm AB MICRO i NUOVA NBC ELETTRONICA,
- systemy pomiaru i regulacji wilgotności niemieckiej firmy SENSOR CONTROL - Niemcy,(system Lipke)
- nowoczesne systemy rejestracji danych i wizualizacji firmy INTELLUTION.

Wieloletnie doświadczenie naszych specjalistów, jak również stosowanie najnowszych sprawdzonych rozwiązań w zakresie techniki sterowania, gwarantują najwyższą jakość produkowanych przez TECHNICAL maszyn i urządzeń.

2. Funkcje systemów sterowania.

Systemy sterowania powinny spełniać następujące wymagania:

- realizować przetwarzanie różnych sygnałów wejściowych z przełączników, przycisków, czujników zbliżeniowych itd.,
- ysterowywać różnego rodzaju elementy wykonawcze jak zawory elektromagnetyczne, styczniki, przekaźniki, żarówki itd.,
- ustalać lub dokonywać zmian pożądaných funkcji logicznych bez ingerencji w układ sterowania, bez wymiany poszczególnych zespołów funkcyjnych, bez zmian w okablowaniu itd.,

- rozpoznawać błędy wewnątrz sterowania, jak również błędy elementów zewnętrznych oraz reagować jednoznacznie na takie błędy,
- częścią składową systemu sterowania powinien być system zabezpieczający.

Taki system zabezpieczający służy zarówno ochronie sterowania jak też ochronie sterowanego obiektu i ochronie samego procesu technologicznego.

Powyższe wymagania spełniają mikroprocesorowe systemy sterowania.

3. Charakterystyka systemów sterowania mikroprocesorowych.

Zastosowanie mikroprocesorów spowodowało radykalne zmiany w budowie systemów sterowania procesami przemysłowymi. Również w odlewnictwie od wielu lat firma TECHNICAL wyposaża układy sterowania w programowalne regulatory - sterowniki oraz elementy wizualizacji dla przedstawienia przebiegów procesów.

Mikroprocesorowe systemy sterowania są systemami rozproszonymi, wielozadaniowymi i wielodostępnymi zawierającymi w sobie następujące zadania:

- pomiarowe,
- przetwarzania,
- rejestracji,
- wizualizacji.

Na system składają się moduły sprzętowe oraz specjalistyczne oprogramowanie. System ma najczęściej strukturę wielopoziomową. Podstawę stanowią programowalne mikroprocesorowe stacje obiektowe, zbudowane z kaset, zawierające w sobie pakiety z modułami:

- jednostki centralnej (mikroprocesora),
- pakietami wejść i wyjść analogowych,
- pakietami wejść i wyjść binarnych itp.

Stacje są „inteligentnymi” kanałami przesyłowymi które:

- przyjmują z obiektu analogowe i binarne sygnały pomiarowe,
- realizują przetwarzanie sygnałów wejściowych wg zadanych algorytmów,
- wprowadzają sygnały sterujące z systemu do urządzeń.

Najczęściej stacją obiektową jest samodzielnie działający sterownik przemysłowy (Programmable Logic Controller - PLC).

TECHNICAL po gruntownej analizie oferowanych na rynku krajowym sterowników pod kątem przydatności w trudnych warunkach produkcyjnych, zdecydowała się wyposażać układy sterowania w sterowniki firmy GE FANUC oraz SIMENS. Są one jednymi z najszybszych sterowników dostępnych na rynku.

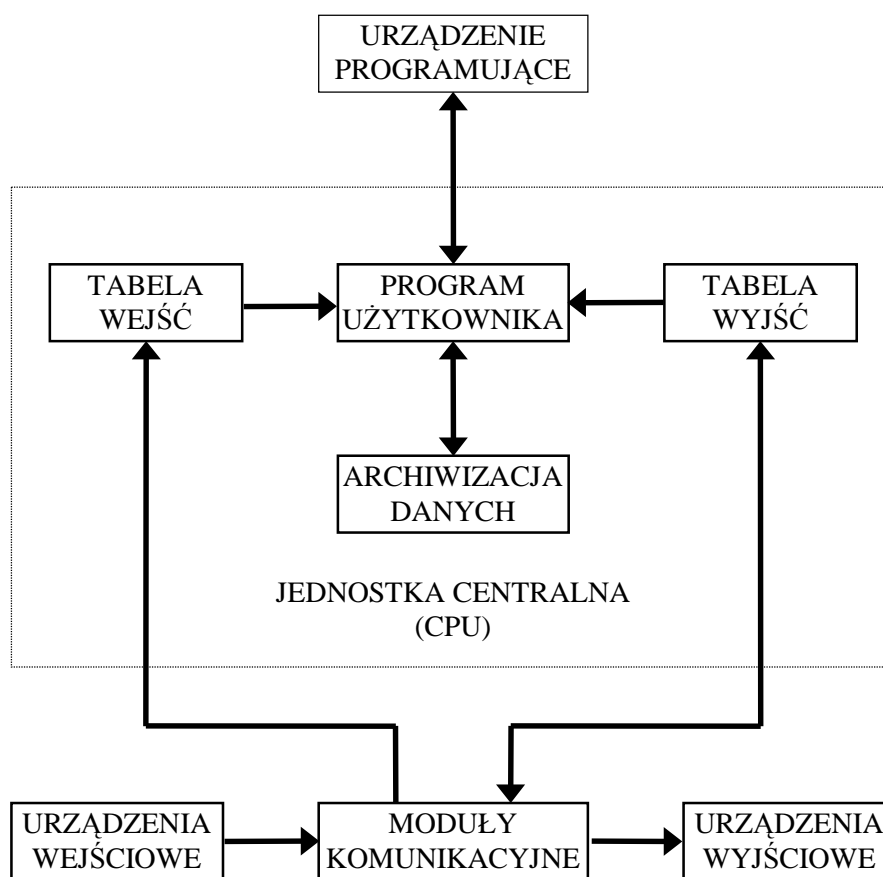
Sterowniki dzięki specyficznej budowie jednostek centralnych mogą realizować zarówno bardzo szybkie sterowanie sekwencyjne jak i logiczne dla procesów ciągłych.

W skład stacji mogą wchodzić również regulatory cyfrowe i inne urządzenia posiadające standardowe łącze komunikacyjne (port) i udostępniony protokół wymiany informacji.

Do większych obiektów zrealizowanych w ostatnich latach przez TECHNICAL wyposażonych w systemy sterowania PLC można zaliczyć:

- stację przerobu mas formierskich SPM-15 (mieszarka turbinowa MTI-500) w odlewni „CELMA” - Cieszyn,
- stację przerobu mas formierskich SPM-30 w odlewni „PIOMA” - Piotrków Trybunalski,
- gniazdo suszenia piasku GSP-5 w odlewni „POWEN” –Zabrze,
- mieszarka turbinowa MTI 500 (wraz z wagami elektronicznymi) w odlewni BISON-BIAL S.A. Fabryka Przyrządów i Uchwytów – Białystok,

- formierka dwustanowiskowa impulsowo-prasująca FT – 65 w odlewnia - Centrozap "DEFKA" Sp. z o.o.– Dzierżoniów,
- linia do odlewania tuli cylindrowych LOT-8 w odlewni WSM "KROTOSZYN" S.A. - Krotoszyn,
- linia formierska i stacja przerobu mas SPM-15 w odlewni FSE „TAMEL” S.A. - Tarnów,
- stacja przerobu mas formierskich SPM –15 (mieszarka turbinowa MTI-500) w odlewni „PRIMA” S.A.- Łódź,
- linii formierskiej LF-60.50 (formierka dwustanowiskowa impulsowo-prasująca FT-65A) w odlewni FSE „TAMEL” S.A.- Tarnów,
- oczyszczarka wirnikowa zawieszkowa OWZ – 1,2 x 2,0 w odlewni „FERREX” - Poznań.



Rys. 1. Podstawowe bloki funkcjonalne sterownika PLC.

Charakterystycznymi cechami przemysłowych układów swobodnie programowalnych są:

- niezawodność pracy w warunkach produkcyjnych wyrażająca się odpornością na zakłócenia przemysłowe,
- możliwość sprzęgnięcia z dużą liczbą kontrolowanych i wykonawczych elementów procesowych różnego typu i o różnych poziomach sygnałów,
- możliwość wyposażania w moduły przetwarzania sygnałów analogowych i cyfrowych umożliwiających realizację algorytmów obliczeniowych, pozycjonowania, regulacji automatycznej itp.,

- zastosowanie problemowej metody opisu i programowania zadań sterowania ograniczająca do minimum konieczność posiadania specjalistycznej wiedzy z zakresu informatyki i teorii sterowania,
- zwiększenie komfortu obsługi.

Poziom pośredni tworzą stacje operatorskie (Operator Panel), które pełnią rolę nadrzędną nad stacją obiektową, a w swej budowie oparte są o mikrokomputer.

Głównymi zadaniami stacji operatorskich jest wizualizacja przebiegu procesu, obsługa zdarzeń, sterowanie nadrzędne, archiwizacja danych, generowanie raportów i wykresów, udostępnienie danych do sieci lokalnych. Stacje mogą być wyposażane w specjalizowaną klawiaturę operatorską.

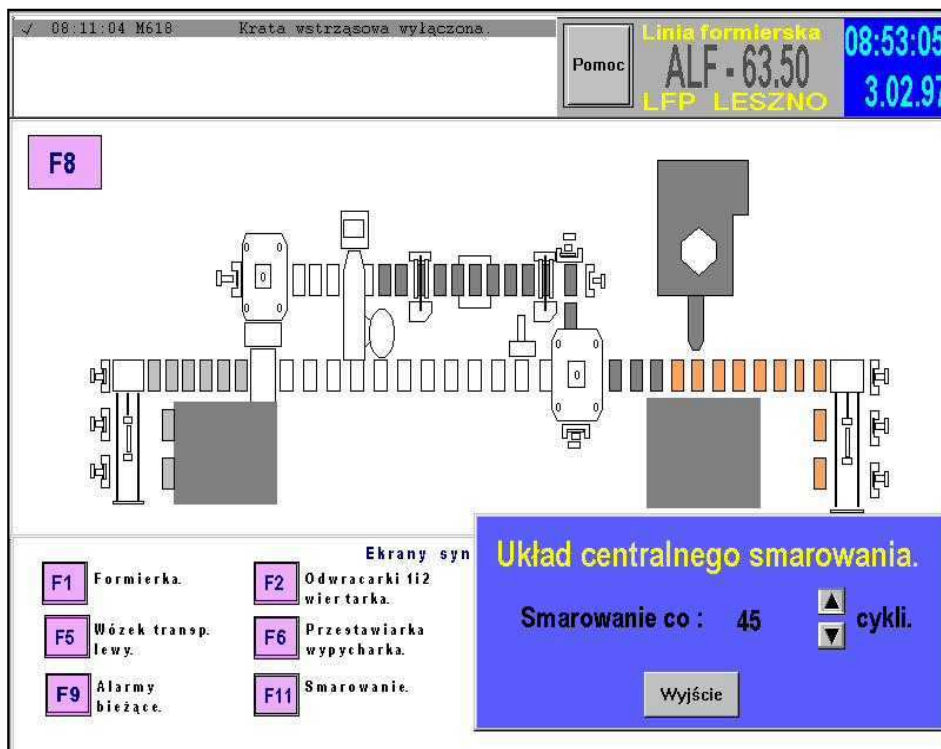
W Takie systemy firma TECHNICAL wyposaża między innymi:

- automatyczną linię formierską ALF-63.50 w odlewni „LFP”- Lesznie,
- stanowisko sporządzania mas formierskich przymodelowych SPMP-3 w odlewni „ALSTOM POWER” Sp. z o.o. – Elbląg
- stacja przerobu mas formierskich SPM –30 (mieszarka turbinowa MTI-1000) w odlewni KZO- Końskie (w realizacji).

Poziom nadrzędny tworzą stacje dyspozytorskie (Supervisory System) stosowane w bardzo rozbudowanych systemach, służące do obserwacji pracy podległych stacji operatorskich i stanowiące ogniwo łączące sterowanie procesów przemysłowych z systemami planowania i sterowania produkcją.

3.1. Wizualizacja i oprogramowanie systemu sterowania.

Wizualizacja przebiegu procesu technologicznego należy do podstawowych funkcji w mikrokomputerowych systemach sterowania. Informacje prezentowane są w postaci obrazów synoptycznych i obrazów punktów systemowych (Rys. 2.).



Rys. 2. Ekran systemu wizualizacji linii formierskiej ALF-60.50. „LFP”- Leszno.

Obraz synoptyczny prezentuje aktualny stan procesu produkcyjnego. Na tle schematu przedstawiającego strukturę obiektu lub jego fragment wyświetlane mogą być aktualne wartości i stany punktów obrazu, odzwierciedlające parametry procesu technologicznego oraz stan ruchowy urządzeń i mechanizmów poprzez animację.

Obraz punktu systemowego zawiera wszystkie historyczne informacje jakie posiada system o danym punkcie - mogą one być prezentowane w postaci cyfrowej, graficznej jako słupki lub wykresy w dowolnej wybranej skali czasowej.

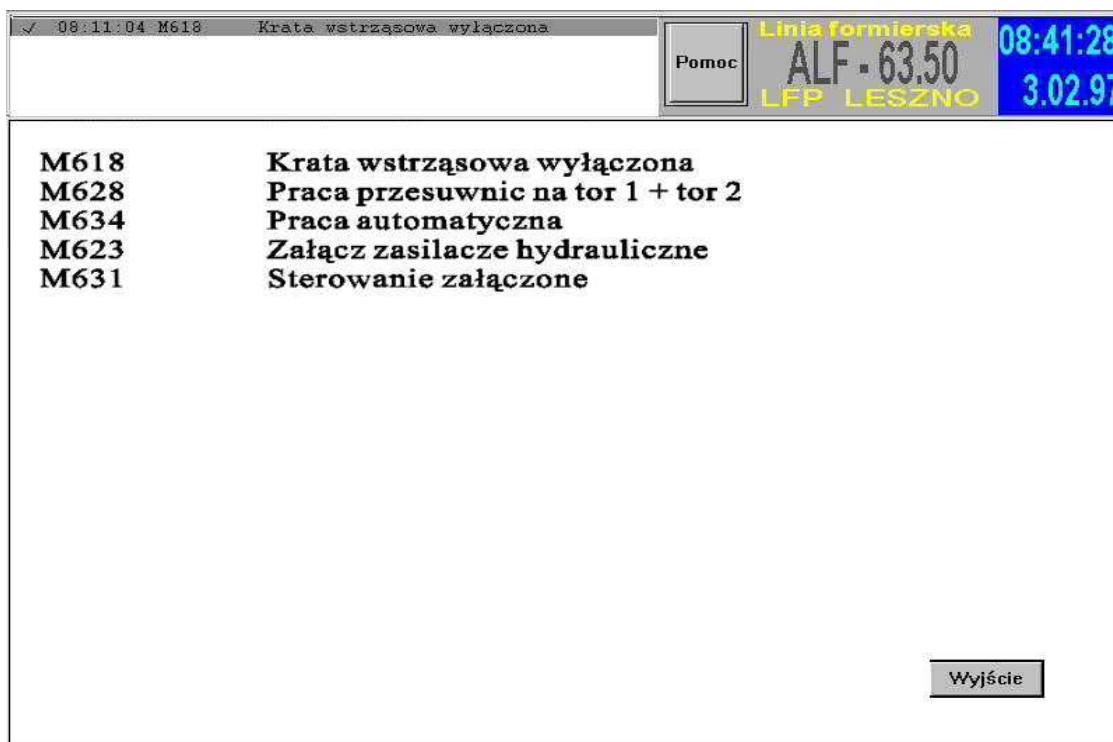
Oprogramowanie użytkowe umożliwia operatorowi zmianę wartości zadanych, sterowanie sygnałami wyjściowymi i zmianę rodzaju pracy obwodów.

Działanie operatora polega na wciskaniu klawiszy funkcyjnych odpowiednio zdefiniowanych w programie. W systemach najnowszej generacji wprowadzono ekrany dotykowe (Touch Screen), wtedy część działań dokonuje się poprzez dotyknięcie zdefiniowanych punktów na ekranie. Na obrazach wizualizacji prezentowane są również wyróżnione zdarzenia, jak np. alarmy technologiczne, ostrzeżenia technologiczne, awarie sprzętowe.

Wszystkie zdarzenia mogą być archiwizowane i poddawane obróbce matematycznej w zależności od potrzeb, np. statystycznie dla celów analiz niezawodnościowych bądź ich oceny szczególnie w systemach zapewniania jakości.

Dla celów sterowania z wizualizacją powstała cała rodzina specjalizowanego sprzętu i oprogramowania. Wybór odpowiedniego zależy od wielkości procesu i żądanego czasu reakcji systemu.

Przytoczony przykład automatycznej linii formierskiej pracującej w „LFP” - Leszno bazuje na oprogramowaniu wizualizacyjnym FIXDMACS firmy INTELLUTION. Program wizualizacyjny pozwala na otrzymanie na ekranie monitora, w czasie rzeczywistym, kolorowego animowanego obrazu będącego w odpowiednim stopniu uproszczenia zobrazowaniem wyglądu poszczególnych maszyn i położenia ich mechanizmów. Dzięki temu obrazowi operator ma bezpośredni wgląd w stan pracy całej linii formierskiej. W przypadku stanu awaryjnego dowolnego mechanizmu program ten pozwala na zasygnalizowanie tego stanu w postaci zobrazowanej i dodatkowo w postaci słownego komunikatu (Rys. 2, 3).



Rys. 3. Ekran komunikatów systemu wizualizacji linii formierskiej ALF-63.50 „LFP” –Leszno.

Dla mniej skomplikowanych układów stosuje się system wizualizacji wyposażony w panel operatorski, pozwalający na dokonywanie nastaw odpowiednich parametrów i otrzymywanie słownych komunikatów o aktualnym stanie procesu.

Taki system wizualizacji TECHNICAL stosuje w formierkach prasująco - impulsowych FT-65, oczyszczarkach, mieszarkach i innych maszynach.

4. System sterowania formierki dwustanowiskowej impulsowej prasującej FT-65A.

Jedną z ostatnio zrealizowanych inwestycji przez TECHNICAL jest linia formierska do produkcji korpusów silników elektrycznych LF-60.50 zainstalowana w odlewni TAMEL – Tarnów. Linia wyposażona jest w maszynę formierską FT-65A, która posiada nowoczesny system sterowania.

Nad prawidłowym przebiegiem pracy formierki czuwa system sterowania umieszczony w szafie sterowniczej i pulpicie operatorskim. System sterowania wyposażony jest w aparaturę zabezpieczającą, sterowniczą, sygnalizacyjną, kontrolno - pomiarową.

Cały system sterowania można podzielić na dwie zasadnicze części.

4.1. Sterowanie układu zasilania hydraulicznego maszyny.

W układzie zasilania hydraulicznego formierki FT-65A zastosowano technikę sterowania proporcjonalnego. Jego zasadniczym elementem jest pompa o zmiennym wydatku sterowana proporcjonalnym zaworem redukcyjnym. Zawór proporcjonalny redukcyjny współpracuje z elektronicznym wzmacniaczem proporcjonalnym, dzięki któremu można płynnie regulować ciśnienie w całym układzie hydraulicznym i utrzymywać je na stałym zadanym poziomie niezależnie od chwilowego zapotrzebowania na olej. Główną zaletą zastosowania takiego rodzaju pompy jest znaczne obniżenie mocy silnika napędzającego.

Technika sterowania proporcjonalnego zastosowana jest również do zrealizowania operacji oddzielania formy od modelu. Operacja ta musi być wykonana bardzo precyzyjnie przy małej prędkości. Wykonywana jest za pomocą mechanizmu z listwami rolkowymi.

Mechanizm oddzielania zasilany jest rozdzielaczem proporcjonalnym o regulowanym przepływie sterowanym elektronicznym wzmacniaczem proporcjonalnym. Dzięki temu możliwe jest zrealizowanie tego ruchu według zadanej (zaprogramowanej) charakterystyki.

Dobieg ok. 45 mm mechanizm oddzielania pokonuje z dużą prędkością. W celu łagodnego oddzielenia formy od modelu następuje wyhamowanie. Po oddzieleniu formy i uniesieniu jej z małą prędkością na odpowiednią odległość od modelu (regulowaną przez operatora w zależności od potrzeb, niezależnie dla obu połówek formy) następuje przyspieszenie w celu szybkiego pokonania pozostałej drogi, aż do skrajnego górnego położenia. Przed skrajnym położeniem następuje łagodne wyhamowanie. Dzięki zastosowaniu tego typu sterowania mechanizmem uzyskano precyzję oddzielenia formy od modelu i jednocześnie krótki czas potrzebny na wykonanie pełnego skoku.

4.2. Sterowanie PLC.

Zasadniczym elementem układu sterowania formierki prasująco impulsowej FT-65 jest sterownik swobodnie programowalny PLC.

Sterownik zawiera w swojej konfiguracji następujące elementy:

- jednostkę centralną (CPU) - procesor,
- moduły wejść cyfrowych,

- moduły wyjść cyfrowych i dwustanowych,
- moduł wejść analogowych.

Na sygnały wejściowe składają się:

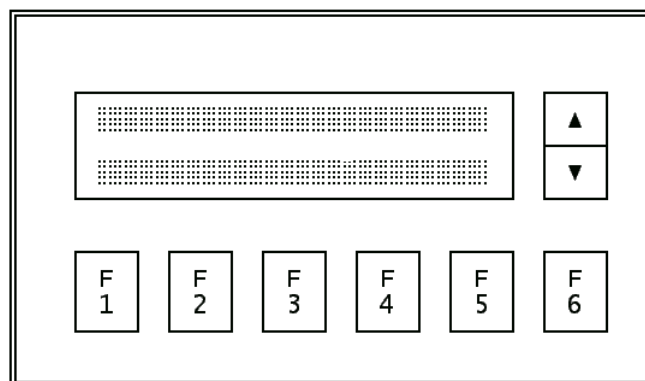
- sygnały cyfrowe z elementów kontrolnych położenia i stanu poszczególnych mechanizmów formierki doprowadzone na wejścia modułów wejściowych sterownika,
- sygnały cyfrowe z elementów manualnych (przyciski, łączniki) zamontowanych na pulpicie operatorskim,
- sygnały analogowe z przetworników obiektowych oraz z zadajników ciśnienia.

Wszystkie razem są analizowane i odpowiednio obrabiane przez procesor (CPU) zgodnie z logiką programu sterowania. Wynikiem jego działania są odpowiednie sygnały uruchamiające obwody wyjściowe sterowania (cewki styczników, zaworów, elementy sygnalizacji).

Układ sterowania zapewnia operatorowi pełną kontrolę nad pracą formierki FT-65A. Elementy manualne (przyciski, łączniki) usytuowane na pulpicie operatorskim umożliwiają wybór trybu pracy maszyny (automatyczny / ręczny), ręczne sterowanie pracą całej formierki FT-65A, przeprowadzenie ręczne całego cyklu z zachowaniem niezbędnych blokad wzajemnych, zabezpieczających przed uszkodzeniem mechanizmów.

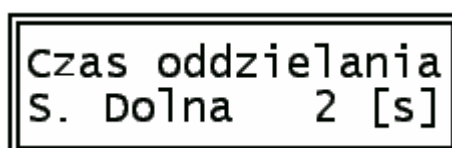
Zainstalowane na pulpicie zadajniki potencjometryczne umożliwiają płynną regulację ciśnienia prasowania oddzielnie dla półformy dolnej i górnej. Aktualne ciśnienie w układzie hydraulicznym i ciśnienie impulsu sprężonego powietrza jest kontrolowane w sposób ciągły za pomocą przetworników obiektowych ciśnienia. Wartości odpowiednich ciśnień są wyświetlane w odpowiednich jednostkach na zamontowanym na pulpicie dwukanałowym mierniku cyfrowym z bargrafami (linijkami świetlnymi) umożliwiającymi szybkie oszacowanie rzędu wielkości mierzonego ciśnienia.

Na pulpicie zainstalowany jest także panel operatorski (rys. 4)

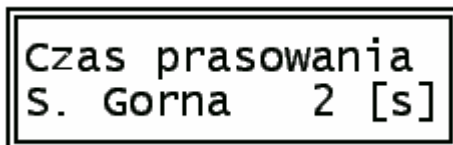


Rys. 4. Panel operatorski zainstalowany na pulpicie operatorskim formierki FT-65A.

Jest to wyświetlacz tekstowy z klawiaturą, za pomocą której operator ma możliwość dokonywania nastaw odpowiednich parametrów procesu (rys. 5, 6, 7, 8, 9):



Rys. 5. *Nastawa czasu oddzielania skrzynki dolnej od modelu.*



Rys. 6. *Nastawa czasu prasowania skrzynki górnej.*

Na wyświetlaczy ukazują się również informacje o aktualnym stanie procesu jak np. o ilości zaformowań danego modelu:



Rys. 7. *Informacja o ilości zaformowań.*

Integralną częścią składową programu sterowania jest system kontroli poprawności działania wszystkich obwodów sterowanych i mechanizmów. Wszelkie nieprawidłowości i wykryte awarie są sygnalizowane na wyświetlaczu:



Rys. 8. *Komunikat awarii mechanizmu obrotu stołów.*



Rys. 9. *Komunikat awarii pompy hydraulicznej.*

5. Układ sterowania stacji przerobu mas formierskich.

Duże znaczenie dla jakości produkowanych odlewów ma odpowiednie przygotowanie masy formierskiej. Konieczne jest zagwarantowanie stabilnych parametrów masy świeżej, czyli stałego jej składu i wilgotności. Konieczne jest więc odpowiednie zadozowanie poszczególnych

składników, dokładny pomiar podstawowych właściwości masy obiegowej oraz zagwarantowanie stabilności samego procesu mieszania.

Aby spełnić powyższe wymagania celowe jest wyposażenie stacji przerobu mas formierskich w wysokiej klasy urządzenia i w nowoczesne układy sterowania i nadzoru.

Stopień automatyzacji stacji przerobu mas decyduje o jej wydajności i możliwościach technologicznych w trakcie procesu produkcyjnego, kontroli i regulacji parametrów przygotowywanych mas, wreszcie przesterowywania stacji przy zmianie produkcji, jak również o ilości obsługi.

Charakter procesu technologicznego oraz współczesne osiągnięcia w grupie automatyzacji dozowników składników sypkich i ciekłych, samoczynnego sterowania oraz sygnalizacji pozwalają na budowanie wysoce zautomatyzowanych SPM spełniających wymagania nowoczesnych odlewni.

Nad prawidłowym przebiegiem pracy całej stacji czuwa układ sterowania zabudowany w szafie sterowniczej i wyposażony w aparaturę zabezpieczającą, sterowniczą, sygnalizacyjną, kontrolno - pomiarową. Sterowanie umożliwia dwa podstawowe tryby pracy urządzeń: pracę automatyczną i pracę ręczną, gdzie wszystkie napędy i mechanizmy są kolejno uruchamiane przez operatora przy użyciu odpowiedniej aparatury łączeniowej.

Zasadniczym elementem układu sterowania jest sterownik swobodnie programowalny. Zawiera w swojej konfiguracji następujące elementy:

- jednostkę centralną (CPU) - procesor,
- moduły wejść cyfrowych,
- moduły wyjść cyfrowych i dwustanowych,
- moduł komunikacyjny współpracujący z siecią mierników wagowych (w naszym przypadku sieć stanowią dwa mierniki wagowe).

Na sygnały wejściowe składają się:

- sygnały z elementów kontrolnych położenia i stanu poszczególnych urządzeń składowych układu doprowadzone na wejścia modułów wejściowych sterownika,
- sygnały z elementów manualnych (przyciski, łączniki) zamontowanych na pulpicie operatorskim,
- sygnały z mostków tensometrycznych elektronicznych wag przetworzone przez mierniki wagowe, transmitowane do modułu komunikacyjnego.

Wszystkie razem są analizowane i odpowiednio obrabiane przez procesor (CPU) zgodnie z logiką programu sterowania. Program obejmuje swoim zakresem sterowanie nie tylko napędami i mechanizmami mieszarki, ale również sterowanie dozownikami składników masy formierskiej. Wynikiem jego działania są odpowiednie sygnały uruchamiające obwody wyjściowe sterowania (cewki styczników, zaworów, elementy sygnalizacji).

Integralną częścią składową programu sterowania jest system kontroli poprawności działania wszystkich obwodów sterowanych i mechanizmów

Na pulpicie operatorskim (np. drzwi szafy sterowniczej) umieszczone są tablice ze schematem mnemotechnicznym (Rys. 10.) stacji przerobu mas, wyposażoną w elementy sygnalizacji. Sygnalizują one stan poszczególnych elementów składowych sterowanego układu:

- stan wyłączników awaryjnych układu bezpieczeństwa,
- stan poszczególnych napędów,
- stan - położenie mechanizmów ruchomych.

Daje to przejrzysty obraz aktualnego stanu całej stacji przerobu mas.

Na pulpicie zainstalowany jest także panel operatorski. Jest to wyświetlacz tekstowy z klawiaturą za pomocą której operator ma możliwość dokonywania nastaw odpowiednich parametrów procesu takich, jak:

- nastawa wartości zadanych poszczególnych składników masy formierskiej dla różnych receptur w kilogramach (Rys. 11.),

MASA 2 - NASTAWY	
WAGA 1	WAGA 2
MASA ZWR.: 480 KG	BENTONIT : 12.5 KG
PIASEK : 37 KG	PYL WEGL.: 3.8 KG
<<	MZwr
Pias	Bent
	PWegl

Rys. 11. Nastawa wartości zadanych składników masy formierskiej

- wybór odpowiedniej receptury wykonywanej masy,
- nastawa czasów technologicznych takich jak: czas mieszania składników na sucho, całkowity czas mieszania składników po zadozowaniu wody, czasy operacji stałych w sekundach (Rys. 12.),

MASA 2 - CZASY	
F2 : CZAS MIESZ. NA SUCHO:	25 s
F3 : CZAS MIESZ. NA MOKRO:	95 s
<<	CzMS
	CzMM

Rys. 12. Nastawa czasów technologicznych.

Na wyświetlaczu panelu wyświetlane są informacje o stanie procesu mieszania takie, jak:

- czas pozostały do zakończenia danego cyklu mieszania,
- rodzaj (numer) aktualnie wykonywanej receptury masy,
- komunikaty o stanach awaryjnych i nieprawidłowościach w pracy stacji przerobu (Rys. 13.),

ALARMY!!!	
PRZECIAZENIE SILNIKA TURBINY!	
<<	Akcep

Rys. 13. Komunikaty o stanach awarii.

- ilości zużytych materiałów (Rys. 14.).

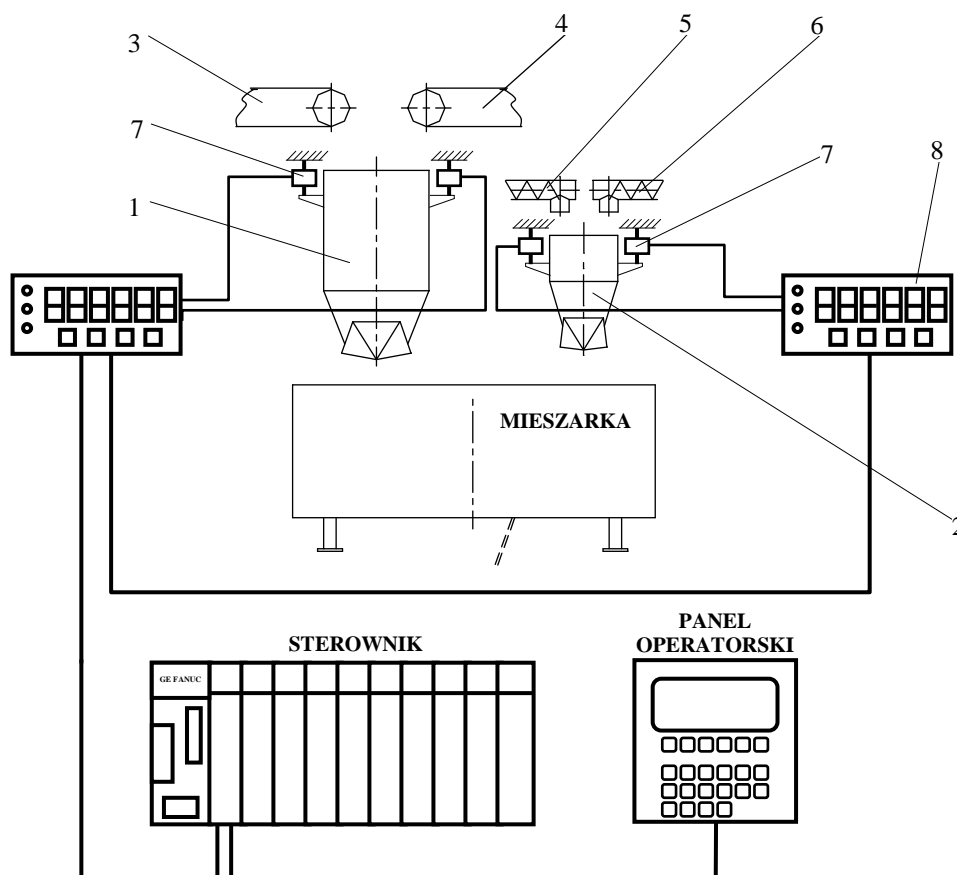
REJESTRACJA ZUŻYTYCH MATERIAŁOW :	
MASA ZWR.: 21347 KG	BENTONIT : 468 KG
PIASEK : 5688 KG	PYL WEGL.: 72 KG
<<	

Rys. 14. Rejestracja zużytych materiałów.

Elementy manualne (przyciski, łączniki) usytuowane na pulpicie operatorskim umożliwiają ręczne sterowanie pracą całej stacji przerobu, przeprowadzenie ręcznego całego cyklu z zachowaniem niezbędnych blokad wzajemnych, zabezpieczających przed uszkodzeniem napędów i mechanizmów. Tryb ten stosuje się w celach remontowych, rozruchowych, prób mechanizmów.

5.1. Dozowanie składników - elektroniczne urządzenia ważące.

W celu dokładnego zadozowania poszczególnych składników świeżej masy formierskiej stosuje się dozowniki wagowe (Rys. 15.). Z uwagi na duże różnice w składzie wagowym między składnikami głównymi (masa obiegowa, piasek) a dodatkami (bentonit, pył węglowy) stosuje się dwa niezależne dozowniki o różnej konstrukcji i pojemności oraz dokładności ważenia. Dozownik taki składa się ze zbiornika zamkniętego od dołu zamknięciem szczękowym, którego zaletą jest prosta budowa i szybkie działanie zamknięć (szczęk) napędzanych siłownikami pneumatycznymi. Od góry dozownik wagowy zamknięty jest dozownikami śrubowymi lub taśmowymi składników. Zbiornik podwieszony jest do konstrukcji nośnej za pomocą trzech przetworników tensometrycznych czyli elementów zmieniających swoją rezystancję w zależności od obciążenia. Przetworniki tworzące rezystancyjny mostek pomiarowy podłączone są do elektronicznego miernika wagowego, który przetwarza analogowy sygnał pochodzący z mostka tensometrycznego na sygnał cyfrowy.



Rys. 15. System wagowy stacji przerobu mas.

- 1- dozownik wagowy składników głównych,
- 2- dozownik wagowy dodatków,
- 3- dozownik masy,
- 4- dozownik piasku,

- 5- dozownik bentonitu,
- 6- dozownik pyłu węglowego,
- 7- tensometr,
- 8- miernik wagowy.

Sygnal ten jest transmitowany do sterownika nadzorującego pracę całej stacji przerobu, gdzie jest poddawany odpowiedniej obróbce. Elektroniczny miernik wagowy jest odpowiednio oprogramowany dzięki czemu na jego wyświetlaczu otrzymujemy wskazanie ciężaru materiału znajdującego się na wadze podane z dokładnością 1%.

Aby tą dokładność uzyskać nie wystarczy zastosowanie dokładnych urządzeń ważących. Konieczne jest również zapewnienie odpowiedniego podawania składników do wagi. W przypadku składników głównych, których ilości są znaczne oraz mając na uwadze czas cyklu przygotowania masy wynoszący w przypadku mieszarek turbinowych produkowanych przez TECHNICAL ok. 2 minut, wystarcza zastosowanie dozowników taśmowych o odpowiedniej wydajności i zapewniających równomierną strugę podawanego materiału w czasie dozowania. Do podawania małych ilości dodatków z większą dokładnością stosuje się podajniki śrubowe (ślimakowe) o odpowiedniej wydajności zapewniające równomierną strugę materiału podczas dozowania. Dodatkowo (w zależności od wielkości pojedynczego załadunku mieszarki) składniki mogą być dozowane dwustopniowo. Zastosowanie w podajnikach napędów dwubiegowych pozwala na wstępne zadozowanie większą strugą wstępnej porcji materiału a następnie strugą dwukrotnie mniejszą zadozowanie do wartości zadanej. Dozowanie składników do mieszarki odbywa się w ten sposób, że najpierw dozowane są składniki o największym udziale procentowym, czyli składniki główne.

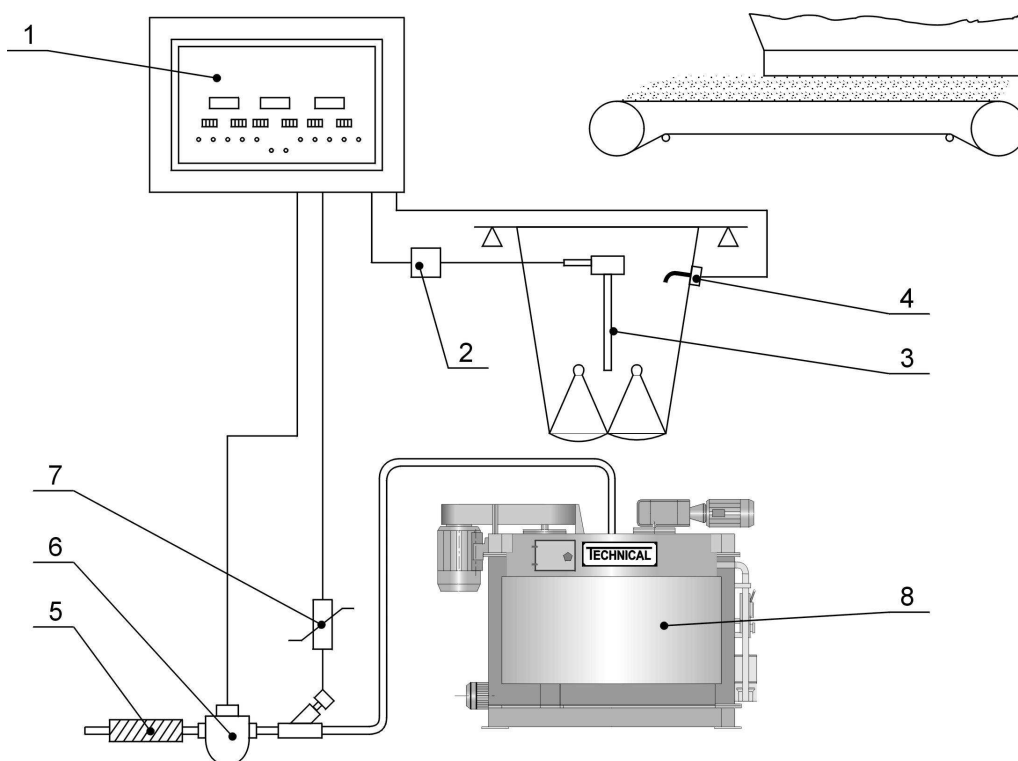
5.2. Pomiar i regulacja wilgotności masy formierskiej.

Ważnym parametrem masy formierskiej jest formowalność, która zależy od wzajemnego oddziaływania między spoiwem z jednej strony a wilgotności z drugiej, tzn. określony dodatek spoiwa wymaga określonej procentowej ilości wody. W przypadku wykonywania masy formierskiej z masy obiegowej oraz z suchych składników (piasek, bentonit, pył węglowy itp.) wilgotność, temperatura i ilość masy obiegowej są parametrami, które decydują o wynikowej wilgotności masy formierskiej. Konieczny jest więc dokładny pomiar tych wielkości w celu obliczenia ilości wody, którą należy zadozować do mieszarki aby otrzymać masę formierską o założonej wilgotności. Ilość masy obiegowej jest określana elektroniczną wagą, natomiast jej wilgotność i temperatura mierzone są przez system pomiarowy regulatora wilgotności firmy SENSOR CONTROLL (Rys. 16).

Pomiarów tych dokonuje się podczas dozowania masy obiegowej do wagi. Pomiaru wilgotności dokonują sondy (kondensatory prętowe) zanurzone w masie i zabudowane we wnętrzu zbiornika wagowego, natomiast pomiaru temperatury czujniki zamontowane na ściankach zbiornika również zanurzone w masie obiegowej. Zmierzone wartości przekazywane są do urządzenia centralnego (wilgotnościomierza), który oblicza wymaganą ilość wody, jaką należy podać do mieszarki podczas procesu mieszania dla uzyskania właściwej wilgotności.

System regulacji wilgotności stanowi integralną część składową układu sterowania stacji przerobu mas.

Nowoczesne systemy pomiaru i regulacji wilgotności FSE-19 μ C TECHNICAL zainstalował w odlewni w „PIOMA” Piotrków Trybunalski, w odlewni „CELMA” – Cieszyn oraz odlewni „PRIMA” a obecnie montuje w odlewni w Koneckich Zakładów Odlewniczych - Końskie.



Rys. 16. Schemat urządzenia FSE-19µC do pomiaru wilgotności.

- | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1- urządzenie centralne, | 2- generator pomiaru, | 3- kondensator prętowy, |
| 4- czujnik temperatury, | 5- filtr, | 6- licznik wody, |
| 7- zawór magnetyczny | | 8- mieszarka turbinowa MTI. |

Komputer wylicza potrzebną ilość wody do zadozowania z wartości mierzonych: temperatury masy zwrotnej i reszkowej wilgotności masy zwrotnej przy uwzględnieniu ciężaru, zanim masa zwrotna i składniki trafią do mieszarki.

Możliwe jest przez to zadozowanie potrzebnej ilości wody już w pierwszych sekundach procesu mieszania.

Przez tą sekwencję przebiegu zapewnione jest to, że cała ilość wody w pełnym zakresie może uczestniczyć w procesie mieszania. W ten sposób zapewniony jest optymalny rozkład cząstek bentonitu, a przez to możliwie najlepszy stopień przygotowania wraz z otaczaniem ziaren masy.

Dozowanie wody odbywa się optymalnie zależnie od systemu tj. przez układ jedno lub dwuzaworowy. Układ dwuzaworowy współpracuje z systemem komputerowym FS-CC6-PLC. System ten wykonuje dozowanie zarówno zasadnicze jak i precyzyjne i to z uniknięciem uderzeń wody.

Zasadniczo firma SENSOR CONTROL oferuje dwa modele systemów regulacji wilgotności:

- **FSE-19µC**
- **FS - CC6 - PLC**

System FSE-19µC charakteryzuje się prostą budową, wysoką dokładnością pomiaru, pewnością działania oraz łatwą obsługą. Możliwe jest zastosowanie tego układu maksymalnie do trzech mieszarek pracujących niezależnie od siebie, przy każdorazowo jednej klawiaturze i wyświetlaczu.

System FS - CC6 - PLC jest bardziej otwarty i może być kształtowany w różnorodny sposób. Znacząca różnica w stosunku do FSE-19 μ C tkwi w wizualizacji przebiegu całego procesu w kolorze i grafice. Wszystkie parametry procesowe w systemie FS - CC6 - PLC przedstawiane są na ekranie. Dodatkowo wszystkie ważne parametry dla każdego wsadu jak temperatura masy zwrotnej, wilgotność masy zwrotnej, ciężar wsadu, wartość zadana wilgotności, obliczona ilość wody itd. są rejestrowane.

System ten jest otwarty i można go dostosować do specyficznych wymogów klienta. System obsługiwać może do czterech aplikacji (mieszarka i chłodziarka). Przy więcej niż dwie aplikacje zastosowany zostaje drugi komputer.

6. Podsumowanie.

Zasadniczym celem stosowania przez TECHNICAL sterowników PLC w systemach sterowania automatycznych linii formierskich, maszyn formierskich, stacji przerobu mas i innych linii technologicznych w odlewnictwie jest zastąpienie sterowania realizowanego z wykorzystaniem przekaźników, sterowaniem programowalnym, elastycznym z możliwością zmiany logiki, a wykorzystującym technikę mikroprocesorową.

Sterowniki PLC posiadają szereg zalet w stosunku do sterowania przekaźnikowego: małe wymiary, mały pobór mocy, elastyczność przy zmianie logiki sterowania (programowalność), zdolność do szybkiej modyfikacji programu, możliwość zastępowania innych systemów sterowania, łatwość rozbudowy, łatwa obsługa i znajdowanie błędów, możliwość zbierania danych i generowania raportów, łatwa konserwacja i tania eksploatacja, możliwość komunikacji na duże odległości (poprzez modem), możliwość szybkiego przebrojenia na inne urządzenia podobnego typu, zwiększenie niezawodności pracy układu związana ze znacznym zmniejszeniem ilości elementów stykowych – mechanicznych. Stosowanie układów swobodnie programowanych umożliwia tworzenie programu sterowania bezpośrednio na podstawie opisu słownego lub cyklogramu zadania sterowania, co powoduje istotne skrócenie czasu projektowania, uruchamiania i korekt oprogramowania.

Stosowanie nowoczesnych układów sterowania opartych o systemy PLC stało się w chwili obecnej w TECHNICAL standardem. Sterowanie obiektami przemysłowymi w oparciu o systemy PLC zapewnia minimalizację ogólnych kosztów eksploatacji obiektu przy maksymalnie pełnej informacji o parametrach przebiegu procesu.

Reasumując można stwierdzić, że TECHNICAL w dziedzinie przemysłu odlewniczego jak i innych branżach gwarantuje kompleksową automatyzację, dzięki której proces technologiczny może być regulowany płynnie a wszystkie operacje dyskretne występujące w tym procesie mogą być poddawane stałemu monitoringowi i w miarę potrzeb optymalizacji. Jest to jednym z warunków do spełniania norm ISO serii 9000.

10 LAT PRODUKCJI MASZYN I URZĄDZEŃ ODLEWNICZYCH W TECHNICAL

mgr inż. Czesław Rudy
TECHNICAL – Nowa Sól

1. Wprowadzenie.

TECHNICAL został zarejestrowany w Sądzie Rejonowym w Zielonej Górze 27 marca 1991 roku jako spółka z o. o., powstał z inicjatywy grupy nowosolskich inżynierów, mających duże doświadczenie w branży maszyn i urządzeń odlewniczych.

TECHNICAL został zarejestrowany jako firma projektowo-produkcyjna maszyn i urządzeń dla różnych branż przemysłu w szczególności dla przemysłu odlewniczego, a głównym kierunkiem działań firmy jest produkcja nowych konstrukcji maszyn, urządzeń oraz linii technologicznych dla przemysłu odlewniczego.

Firma powstała w okresie istotnych przemian społeczno-politycznych oraz zmian gospodarczych w przemyśle krajowym.

W tym roku TECHNICAL obchodzi jubileusz 10-lecia działalności, jest to okazja do zaprezentowania swoich osiągnięć, programu produkcyjnego oraz innych istotnych informacji związanych z działalnością projektowo-produkcyjną, wdrożeniową oraz naukową na przestrzeni dziesięciu lat.

2. Oferta produkcyjna.

Strategia oraz kierunki działań firmy zostały odpowiednio opracowane i przygotowane do potrzeb krajowego przemysłu odlewniczego.

TECHNICAL jest producentem maszyn, urządzeń oraz linii technologicznych, ponadto oferuje kompleksową realizację inwestycji w zakresie:

- ◆ opracowania założeń techniczno-ekonomicznych;
- ◆ projektów technicznych w tym branżowych;
- ◆ produkcją maszyn i urządzeń;
- ◆ sterowania elektrycznego w realizacji obiektów;
- ◆ kompletacją dostaw;
- ◆ montaż i uruchomienie wykonywanych maszyn i urządzeń i linii technologicznych;
- ◆ wdrażania produkcyjnego.

TECHNICAL w większości kontraktów na realizację np.: linii formierskich, stacji przerobu mas formierskich, gniazd oczyszczania pełni rolę generalnego wykonawcy z kompletacją wszystkich dostaw, tzw. realizacja „pod klucz”.

Efektom 10-letniej działalności firmy jest opracowanie własnych technologii i konstrukcji maszyn i urządzeń, w szczególności:

- ◆ maszyn formierskich prasująco - impulsowych FT,
- ◆ automatycznych linii formierskich ALF,
- ◆ mieszarek turbinowych MTI,

- ◆ chłodziarki wibracyjno - fluidyzacyjne CFM,
- ◆ suszarki fluidyzacyjne SF
- ◆ stacji przerobu mas formierskich SPM,
- ◆ maszyn do czyszczenia strumieniowego powierzchni odlewów.

Ważnym elementem działalności firmy jest produkcja części zamiennych do maszyn i urządzeń produkowanych przez firmę, które są łatwo dostępne.

Obsługę klientów eksploatujących maszyny i urządzenia wykonane przez TECHNICAL realizuje zespół specjalistów serwisantów. O sprawności działań serwisu jego fachowości oraz szybkości w podejmowaniu profesjonalnych działań w przypadku zgłoszenia awarii mogą wypowiedzieć się nasi klienci.

Remonty maszyn i urządzeń dokonywane przez naszych specjalistów, obejmują wszystkie maszyny i urządzenia produkowane przez TECHNICAL jak również innych producentów krajowych i zagranicznych. W większości wykonywane remonty obejmują modernizację wraz z wymianą sterowania elektrycznego, na sterowanie elektroniczne.

3. Kadra techniczna.

Wysoka jakość maszyn, urządzeń oraz linii technologicznych produkowanych przez TECHNICAL gwarantują wysokiej klasy specjaliści zatrudnieni w pracowniach projektowo konstrukcyjnych:

- ◆ Pracownia Automatyki i Sterowania Elektrycznego,
- ◆ Pracownia Technik Oczyszczania,
- ◆ Pracownia Technik Przygotowania Mas Formierskich,
- ◆ Pracownia Technik Formowania.

Inżynierowie, projektanci maszyn i urządzeń mają do swojej dyspozycji programy projektowe:

- ◆ AutoCAD LT 2000, Genius
- ◆ Pro/ENGINEER - Foundation.

Oprogramowania będące do dyspozycji kadry technicznej gwarantują możliwość sprawnej i efektywnej pracy zespołowej, opracowywania nowych konstrukcji maszyn, urządzeń oraz linii technologicznych na bardzo wysokim poziomie technicznym, oraz do szybkiej realizacji nowych innowacyjnych pomysłów.

Wysoki poziom układów sterowania w które wyposażone są maszyny, urządzenia oraz linie technologiczne, realizuje w firmie Pracownia Automatyki wyposażona w nowoczesne komputerowe systemy wspomagające jak:

- ◆ See 800 oraz Schema 3000
- ◆ SIMARIC Manager
- ◆ CBreeze V4.07
- ◆ Logicmaster 90-30
- ◆ OIU Configuration Software
- ◆ Versa Pro

4. Targi i wystawy.

Dla zapewnienia dobrego kontaktu z klientami firmy TECHNICAL bierzemy corocznie udział w wielu targach krajowych i zagranicznych, w wystawach oraz konferencjach.

Poza działalnością projektowo produkcyjną firma ma duże osiągnięcia na polu wystawienniczym między innymi na:

- ◆ Międzynarodowych Targach Poznańskich - Poznań
- ◆ Targach Odlewnictwa „METAL’ - Kielce
- ◆ Targach Katowickich „SIMEX” - Katowice
- ◆ Targach Odlewnictwa „GIFA” - Düsseldorf
- ◆ Targach Odlewnictwa „FONDEX” - Brno
- ◆ Targi „KOROZJA” - Warszawa

Na wszystkich targach firma TECHNICAL prezentuje swoje nowo opracowane i wykonane maszyny i urządzenia, które prezentowane są na wystawach i targach w formie eksponatów.

O poziomie technicznym, technologicznym oraz jakościowym produkowanych maszyn, urządzeń i linii technologicznych mogą świadczyć uzyskane nagrody i wyróżnienia, a najważniejsze z nich to:

- ◆ II Międzynarodowe Targi Odlewnicze METAL 1996 KIELCE – wyróżnienie za mieszarkę turbinową MTI-250
- ◆ III Międzynarodowe Targi Odlewnicze METAL 1997 KIELCE – wyróżnienie za gniazdo suszenia piasku typu GSP-5.
- ◆ IV Międzynarodowe Targi Odlewnicze METAL 1998 KIELCE – wyróżnienie za nowoczesny system automatycznego sporządzania mas formierskich w mieszarkach turbinowych typu MTI
- ◆ Międzynarodowe Targi Poznańskie 1998 POZNAŃ – Złoty Medal za „System sterowania Stacją Przerobu Mas Formierskich SPM-15 w „CELMIE” – Cieszyn.
- ◆ VI Międzynarodowe Targi Odlewnicze METAL 2000 KILECE – Medal za Linie Odlewania Tulei Cylindrycznych LOT-8
- ◆ Targi Korozja 2001 WARSZAWA - II miejsce w konkursie za nowoczesne opracowania wyrobów usług prezentowanych na X Wystawie-Targach

Wszystkie osiągnięcia firmy, oferta produkcyjna, informacje o wystawach, konferencjach i targach są publikowane na bieżąco w katalogach, folderach oraz na stronie internetowej www.Technical.com.pl do obejrzenia której Państwa zapraszamy.

5. Prace naukowo – badawcze.

TECHNICAL prowadzi intensywne prace badawczo-rozwojowe oraz projektowe w zakresie rozwoju maszyn, urządzeń oraz technologii odlewniczych.

Oferta produkcyjna TECHNICAL-u kierowana dla odlewnictwa, zawiera wiele rozwiązań innowacyjnych, opracowanych i wdrożonych przez zespół inżynierów pracowni projektowo-konstrukcyjnych.

Do szczególnych osiągnięć związanych z opracowaniem nowych rozwiązań technicznych można zaliczyć:

- ◆ Spulchniarka turbinowa ST,
- ◆ Mieszarki turbinowe MTI,

- ◆ Elektryczne wagi dozujące EWD,
- ◆ Formierki dwustanowiskowe prasująco - impulsowe FT,
- ◆ Linia odlewania tulei cylindrycznych LOT,
- ◆ Chłodziarka fluidyzacyjno – wstrząsowa,
- ◆ Wirniki rzutowe z bezpośrednim napędem.

W bardzo dynamiczny proces rozwoju maszyn odlewniczych realizowany przez TECHNICAL mają wkład prace badawczo-rozwojowe realizowane wspólnie z:

- ◆ Instytutem Odlewnictwa w Krakowie,
- ◆ Akademia Górniczo-Hutniczą w Krakowie,
- ◆ Komitetem Badań Naukowych.

Dotychczasowe doświadczenia potwierdzają model współpracy ośrodków przemysłowych z instytucjami naukowymi, wspomaganymi niejednokrotnie projektami celowymi współfinansowanymi przez Komitet Badań Naukowych.

Pierwszym przykładem takiej współpracy było wykonanie nowej konstrukcji formierki dwustanowiskowej prasująco-impulsowej typ FT-65 w której zagęszczenie masy następuje impulsem sprężonego powietrza z do prasowaniem hydraulicznym.

Dwuletni okres realizacji grantu celowego wspólnie z Instytutem Odlewnictwa z Krakowa został zakończony w pełni sukcesem, wdrożona nowa maszyna formierska oraz technologia zagęszczania przeszła pozytywnie wszystkie próby produkcyjne, pozwala na wykonywanie odlewów o bardzo skomplikowanych kształtach.

Maszyna formierska impulsowo – prasująca typu FT została zgłoszona w Urzędzie Patentowym TECHNICAL, a na zgłoszone nowe rozwiązania konstrukcyjne został udzielony patent.

Jedna z maszyn formierskich typu FT pracuje obecnie w odlewni żeliwa „TAMEL” – Tarnów zamontowana w linii formierskiej zaprojektowanej i wykonanej przez TECHNICAL produkując odlewy korpusów silników elektrycznych.

Kolejny grant celowy pt. „Opracowanie technologii i badanie procesów technologicznych odlewania tulei cylindrowych w wirujących formach metalowych z wstrzeloną warstwą masy formierskiej” realizowany jest obecnie wspólnie z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie oraz odlewnią „MAHLE” – Krotoszyn. W wyniku tej współpracy została opracowana nowa technologia produkcji odlewów tulei cylindrowych, TECHNICAL wykonał nową linię produkcyjną typu LOT-8 do ich wykonania. Na uwagę zasługuje fakt, że nowa technologia jak również rozwiązania techniczne zastosowane w linii LOT-8 stanowią nowość w skali światowej.

Technologia ta pozwala na produkcję odlewów tulei dla przemysłu motoryzacyjnego o nowej jakości na poziomie XXI wieku.

Linia produkcyjna typu LOT-8 wraz z technologią została zgłoszona w Urzędzie Patentowym, a TECHNICAL-owi na zgłoszone nowe rozwiązania konstrukcyjne oraz technologiczne został udzielony patent.

Potwierdzeniem wysokiego poziomu naukowo-technicznego firmy TECHNICAL jest możliwość współpracy z tak renomowanymi ośrodkami naukowo badawczymi jak: AGH – Kraków oraz Instytut Odlewnictwa – Kraków.

Obecnie w firmie prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, część z nich realizowana jest z instytucjami naukowymi, prace te w najbliższym czasie zaowocują dalszymi efektami w technologii i konstrukcji maszyn odlewniczych dla polskiego przemysłu odlewniczego.

Wynikiem współpracy z ośrodkiem naukowo-dydaktycznym w szczególności z Wydziałem Odlewnictwa Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie jest cykl konferencji odlewniczych organizowanych przez TECHNICAL na przestrzeni wielu lat.

Konferencje odlewnicze mają na celu przedstawienie Państwu nowych technologii, organizacji produkcji oraz nowych maszyn i urządzeń produkowanych dla przemysłu odlewniczego przez Technical oraz innych producentów.

6. Maszyny i urządzenia produkowane przez Technical.

Oferta produkcyjna TECHNICAL zawarta w katalogu obejmuje wykonanie maszyn i urządzeń odlewniczych oraz kompleksowo realizację linii technologicznych w tym:

- ◆ Stacje przerobu mas formierskich – SPM,
- ◆ Automatyczne linie formierskie – ALF,
- ◆ Gniazda oczyszczania odlewów.

Linie technologiczne projektowane i wykonywane według know – how firmy TECHNICAL są wyposażone w maszyny i urządzenia oraz systemy sterowania wykonane przez TECHNICAL.

Ważnym zagadnieniem w produkowanych maszynach urządzeniach i liniach technologicznych stanowią systemy sterowania elektrycznego, wizualizacja procesów oraz system rejestracji danych wymaganych przez ISO.

7. Plany rozwojowe.

Dziesięć lat intensywnej działalności firmy zaowocowało nowoczesnymi, na wysokim poziomie technicznym maszynami, urządzeniami oraz liniami technologicznymi wyposażonymi w zaawansowane systemy sterowania elektronicznego. TECHNICAL wszedł w XXI wiek na bardzo wysokim poziomie techniczno technologicznym z bogatą ofertą produkcyjną dla przemysłu odlewniczego.

Otworzenie granic i współpraca z krajami Unii Europejskiej nie było zaskoczeniem dla naszej firmy, nasze produkty w konfrontacji z produktami firm zachodnich, wykonane na tym samym poziomie technicznym w połączeniu z niskimi cenami pozwoliły na uzyskanie obecnej pozycji na rynku odlewniczym.

Dziesięcioletnia działalność, współpraca z krajowymi odlewniami oraz instytucjami naukowymi, wysoka pozycja na rynku oraz renoma firmy, jest gwarantem jakości i niskich cen dla krajowego przemysłu odlewniczego.

Biorąc pod uwagę znaczne zmniejszenie ilości odlewni w Polsce w ostatnich latach oraz spadek produkcji odlewów, zainteresowanie produkcją maszyn odlewniczych w kraju znacznie spadło, wiele firm zrezygnowało z rozwoju i produkcji maszyn odlewniczych.

TECHNICAL pomimo wielu trudności w swoich planach produkcyjnych jako najważniejsze zagadnienie przez cały czas widzi rozwój techniczny maszyn oraz technologii dla przemysłu odlewniczego.

TECHNICAL na początku 2001 roku rozpoczął budowę nowego zakładu produkcyjnego w Nowej Soli, składającego się z trzech hal produkcyjnych o łącznej powierzchni produkcyjnej 4.200 m². Nowy zakład produkcyjny umożliwi zwiększenie zdolności produkcyjnych firmy, poprawi warunki pracy, a nowe stanowisko prób maszyn pozwoli na ich montaż, uruchomienie, regulację oraz testowanie przed wysyłką do klienta.

8. Referencje.

Produkowane przez TECHNICAL maszyny, urządzenia oraz linie technologiczne pracują w wielu odlewniach krajowych oraz zagranicznych.

Zrealizowane przez TECHNICAL inwestycje w dziesięcioleciu działalności firmy najlepiej świadczą o wysokim poziomie technicznym, jakości wykonania, niezawodności działania oraz niskich kosztach eksploatacji.

Poniżej podajemy kilka najciekawszych tematów zrealizowanych w okresie dziesięciu lat działalności firmy.

- ◆ Mieszarka turbinowa MTI-1500, obecnie pracuje w odlewni „DOZAMET” – Nowa Sól.
- ◆ Stanowiska przygotowania mas otulin elektrod - 5 kompletnych stanowisk; zastosowane mieszarki turbinowe MTI/E-250 inwestor: "ELEKTRODY BAILDON" – Katowice.
- ◆ Kompleksowa modernizacja odlewni żeliwa; zwiększenie wydajności odlewni z 2.500 ton/rok na 9.000 ton/rok, inwestor: "Leszczyńska Fabryka Pomp" – Leszno.
- ◆ Gniazdo suszenia piasku GSP-25; zastosowanie suszarki fluidyzacyjnej SF-25 inwestor: KGHM "Polska Miedź" S.A. – Głogów.
- ◆ Gniazdo suszenia piasku GSP-5; zastosowanie suszarki fluidyzacyjnej SF-5 z transportem pneumatycznym suchego piasku, inwestor: "POWEN" S.A. – Zabrze.
- ◆ Stacja przerobu mas formierskich SPM-30; zastosowana mieszarka turbinowa MTI - 1000 prod. "TECHNICAL" wraz z elektronicznymi wagami dozującymi EWD oraz aparaturą do pomiaru i regulacji wilgotności masy formierskiej FSE - 19 μ C firmy "FOUNDRY CONTROL", inwestor: FMG "PIOMA" S.A. - Piotrków Trybunalski.
- ◆ Stacja przerobu mas formierskich SPM-15; zastosowana mieszarka turbinowa MTI-500 wraz z elektronicznymi wagami dozującymi EWD oraz aparaturą do automatycznego pomiaru i regulacji wilgotności masy formierskiej FSE-19 μ C firmy "FOUNDRY CONTROL", inwestor: ME "CELMA" S.A. – Cieszyn.
- ◆ Mieszarka turbinowa MTI 500 wraz z elektronicznymi wagami dozującymi EWD inwestor: BISON-BIAL S.A. Fabryka Prządów i Uchwytów – Białystok.
- ◆ Formierka dwustanowiskowa impulsowo-prasująca FT – 65; temat realizowany w oparciu o grant celowy Komitetu Badań i wspólnie z Instytutem Odlewnictwa - Kraków, patent: TECHNICAL, inwestor: Odlewnia - Centrozap "DEFKA" Sp. z o.o. - Dzierżonów.
- ◆ Linia do odlewania tuli cylindrowych LOT-8patent: TECHNICAL, zastosowanie technologii odlewania odśrodkowego do kokili pokrytej tzw. koszulką rdzeniową, która jest wytwarzana w trakcie trwania cyklu pracy urządzenia, inwestor: WSM "KROTOSZYN" S.A. – Krotoszyn.
- ◆ Stanowisko chłodzenia piasku SCP-10, inwestor: Odlewnia ŽDB a.s. - Bohumin – ČR.
- ◆ Mieszarki turbinowe MTI-300S/N. inwestor: ESAB Production Equipment AB. - Szwecja.
- ◆ Linia formierska i stacja przerobu mas SPM-15, inwestor: „TAMEL” S.A.- Tarnów.
- ◆ Stacja przerobu mas formierskich SPM –15, zastosowana mieszarka turbinowa MTI-500 wraz z elektronicznymi wagami dozującymi EWD oraz aparaturą do automatycznego pomiaru i regulacji wilgotności masy formierskiej FSE-19 μ C firmy "FOUNDRY CONTROL", inwestor: „PRIMA”S.A.- Łódź.
- ◆ Linia formierska LF-60.50, zastosowana formierka dwustanowiskowa impulsowo-prasująca FT-65A, inwestor : FSE „TAMEL” S.A.- Tarnów.
- ◆ Oczyszczarka wirnikowa zawieszkowa OWZ – 1,2 x 2,0 z przenośnikiem podwieszonym POWZ 1,2 x 2,0 , inwestor: odlewnia „FERREX” – Poznań.

- ◆ Stanowisko sporządzania mas formierskich przymodelowych SPMP-3, inwestor: „ALSTOM POWER” Sp. z o.o. – Elbląg.
- ◆ Stacja przerobu mas formierskich SPM –30, zastosowana mieszarka turbinowa MTI-1000 wraz z elektronicznymi wagami dozującymi EWD oraz aparaturą do automatycznego pomiaru i regulacji wilgotności masy formierskiej FSE-19 μ C firmy "FOUNDRY CONTROL", inwestor: odlewnia KZO- Końskie (w realizacji).
- ◆ Mieszarki turbinowe MTI-40 inwestor: ESAB Production Equipment AB. – Sweden.

9. Współpraca zagraniczna.

Konieczność rozwoju maszyn odlewniczych produkowanych przez TECHNICAL wpłynęła na podjęcie współpracy z wieloma firmami zagranicznymi. Współpraca dotyczy sprzedaży gotowych wyrobów oraz zakupów elementów i zespołów składowych maszyny i urządzeń stosowanych przez TECHNICAL, jak: przekładnie, sprzęgła, silniki hydrauliczne, zawory pneumatyczne i hydrauliczne, sterowniki programowalne, przemienniki częstotliwości, itp. Maszyny i urządzenia produkowane przez TECHNICAL pracują już w wielu krajach w tym: Szwecji, Egipcie, Indiach, Ukrainie, Rosji, Niemczech, Czechosłowacji, Danii, Maroko,

Konieczność produkcji maszyn i urządzeń odlewniczych o standardzie europejskim wpłynęła na podjęcie współpracy TECHNICAL z wieloma zagranicznymi dostawcami w tym: SENSOR CONTROL – Niemcy, NORD –Niemcy, BONFIGLIOLI – Włochy, MANNESMANN REXROTH – Niemcy.

Dynamiczne działania marketingowe zaowocowały zapewnieniem dla TECHNICAL stałej pozycji na rynku czeskim i słowackim poprzez utworzenie tam przedstawicielstwa handlowego naszej firmy . Przedstawicielem handlowym na rynku Czeskim i Słowackim jest firma „SAND TEAM” – Brno.

Kilkuletnia obecność na rynku czeskim i słowackim, udział w konferencjach, targach na rynku czeskim i słowackim, oraz bezpośrednie działania marketingu pozwoliły na uzyskanie dobrej pozycji na tych rynkach i rokują dalszy rozwój naszej działalności.

SYSTEMY REGENERACJI OSNOWY Z ZUŻYTYCH MAS FORMIERSKICH

prof. dr hab. inż. Dańko Józef, mgr. inż. Dańko Rafał
Wydział Odlewnictwa, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

1. Wstęp.

W Polsce ilość odpadów powstających w produkcji odlewniczej wynosi około 770 tys. ton i nieco przekracza wielkość produkcji odlewów. Główna część tych odpadów w odlewniach żeliwa (ok. 85%) stanowi zużyta masa formierska i rdzeniowa. Inne odpady (por. tab. 1) takie jak: zużel, szlamy i pyły oraz materiały ogniotrwałe, wióry, zalewki, zużyte szpilki formierskie, zbrojenia form i rdzeni, materiały ściernie, zużyte emulsje i oleje nie nadają się do dalszego odzysku i zagospodarowania. Zużycie piasku kwarcowego w roku 1998 wyniosło ponad 600 tys. ton piasku kwarcowego, z czego tylko około 10% osnowy kwarcowej w postaci regeneratu było wykorzystane w odlewni. Pozostała część, czyli około 500 tys. ton, była składowana lub wykorzystywana do innych celów poza odlewnictwem [1]

Tabela 1. Udział procentowy poszczególnych odpadów odlewniczych w Polsce (1998 r.)

Odpad	Odlewnie żeliwa	Odlewnie staliwa	Odlewnie metali nieżelaznych
Masa formierska i rdzeniowa	85	92	81
Zużel odlewniczy	11	6,5	13
Pył z odpylania pieców	2	0,4	0,5
Szlam z urządzeń odpylających	2	0,6	2
Gruz z wymurówki pieców	0,2	0,2	4

Zużyta masa formierska i rdzeniowa stanowi cenny surowiec nie tylko dla odlewni ale także dla innych gałęzi przemysłu. Opracowanie skutecznych sposobów zagospodarowania tego odpadu powinno przynosić odlewniom i gospodarce narodowej znaczne korzyści ekonomiczne. W przypadku gdy odlewnia nie przewiduje dalszego zagospodarowania odpadów, powinna się liczyć ze stale wzrastającymi opłatami za składowanie odpadów, jak również z koniecznością budowy nowych składowisk. O możliwości wykorzystania masy zużytej do celów gospodarczych decyduje jest stopień zagrożenia dla środowiska, a głównie wymywalność substancji niebezpiecznych. Z tych też względów oraz dla ochrony zasobów naturalnych piasku będzie konieczne w najbliższej przyszłości stosowanie na znacznie szerszą skalę procesu regeneracji, który jest najbardziej efektywnym sposobem zmniejszenia ilości odpadów stałych w odlewniach. Ilość odpadów odlewniczych można zmniejszyć przez odzysk głównego składnika masy zużytej, czyli osnowy kwarcowej (stanowiącej powyżej 90% masy), w wyniku zastosowania znanych w świecie i w Polsce systemów regeneracji. Rozszerzenie zakresu stosowania regeneracji zużytych mas wymaga, w zakresie technologicznym, uwzględnienia następujących zaleceń:

- ocena przydatności określonej metody regeneracji do odzysku osnowy powinna uwzględniać nie tylko rodzaj zużytej masy, lecz także wpływ dostępnych sposobów regeneracji na finalne właściwości odzyskanej osnowy. Bardzo ważne jest uwzględnienie do jakich technologii sporządzania masy będzie stosowana odzyskana osnowa.
- na etapie projektowania technologii mas w odlewni celowy jest dobór takich składników masy, aby sprzyjały one określonemu sposobowi regeneracji. Kształt ziaren osnowy ma

istotny wpływ na uzysk regeneracji. Skład użytego spoiwa nie powinien przy tym stwarzać utrudnień technologicznych i ekologicznych dla realizowanego procesu regeneracji.

Ze względów ekonomicznych i ekologicznych metoda regeneracji mokrej nie jest obecnie uzasadniona, jakkolwiek jest ona praktycznie jedynym, skutecznym procesem regeneracji mas ze spoiwami krzemianowymi oraz z bentonitem. Uzyskany w tej metodzie regenerat z zużytej masy z bentonitem może być bez ilościowych ograniczeń stosowany do sporządzania tego samego typu mas formierskich.

W znanych procesach regeneracji cieplnej masa zużyta jest nagrzewana do temperatury rozkładu i spalania organicznych materiałów wiążących, wchodzących w jej skład. Rozróżnia się regenerację cieplną niskotemperaturową, w zakresie temperatury 250-500⁰C, średniotemperaturową 500-800⁰C oraz regenerację wysokotemperaturową, prowadzoną w temperaturze większej od 850⁰C [2, 3]. Pierwsza odmiana w niektórych przypadkach znajduje zastosowanie dla mas z żywicą furfurylową, natomiast druga i trzecia w przypadku mas z innymi spoiwami organicznymi, a przede wszystkim z żywicami epoksydowymi i poliakrylowymi. Korzystny efekt regeneracji, pomimo temperatury w zakresie 250-500⁰C można zauważyć także przy innych rodzajach spoiw organicznych, a nawet szkła wodnego, co umożliwia zwiększenie kruchości otoczek materiału wiążącego i zwiększenie regenerowalności osnowy.

Regeneracji cieplnej poddaje się przede wszystkim masy nie nadające się do innych sposobów regeneracji oraz wybrakowane rdzenie ze spoiwami zawierającymi żywice syntetyczne. Regeneracja cieplna może okazać się niewystarczająca w przypadku, gdy zużyta masa zawiera masę z bentonitem oraz rdzenie z masy z żywicami, a także w przypadku, gdy spoiwo żywiczne zawiera również składniki nieorganiczne (spoiwa organiczno-nieorganiczne). W takim przypadku spośród dostępnych rozwiązań systemów regeneracji najbardziej korzystne są rozwiązania kombinowane dwu- i wielostopniowe, przy czym ostatni stopień powinien zapewniać regenerację ściernocyszczącą, pozwalającą na usunięcie z powierzchni ziaren szkodliwych substancji, które pozostały na nich mimo zrealizowanego zabiegu regeneracji cieplnej.

W przypadku mechanicznej regeneracji zużytej masy z bentonitem suszenie nie jest uzasadnione, gdyż masa suszona na powietrzu ma regenerowalność zbliżoną do suszonej w temperaturze 300⁰C. Ta sama masa po szybkim nagraniu do temperatury 100 – 200⁰C uzyskuje gorsze wskaźniki regenerowalności od masy schnącej na powietrzu [4].

Masa ze szkłem wodnym poddana suszeniu wstępnemu w temperaturze 200-250⁰C uzyskuje uwolnienie z otoczek materiału wiążącego w czasie niemal 6 - krotnie krótszym niż masa niesuszona. Stwarza to możliwość zwiększenia efektywności i przyspieszenia procesu regeneracji tej masy pod warunkiem odpowiedniej konstrukcji regeneratora pneumatycznego lub mechanicznego.

Wskaźnik regenerowalności zużytej masy z technologii cold-box poddanej regeneracji cieplnej wysokotemperaturowej osiąga wartość zbliżoną do 80% w czasie regeneracji wynoszącym 5 minut. W tym samym czasie wartość wskaźnika dla masy przeznaczonej do procesu hot-box wynosi 65% [4].

Połączenie destrukcji termicznej spoiwa oraz regeneracji mechanicznej wprowadza wyraźną jakościową zmianę przebiegu procesu regeneracji. Nawet częściowe przepalenie masy zużytej w temperaturze 850 °C w czasie nie przekraczającym 5 minut powoduje zwiększenie analizowanego sumarycznego wskaźnika skuteczności regeneracji masy do procesu hot-box do poziomu 75%, a masy do procesu cold-box do ponad 95% [4].

2. Ogólna charakterystyka funkcji urządzeń do regeneracji.

Proces regeneracji osnowy z zużytej masy formierskiej ma do spełnienia następujące zadania:

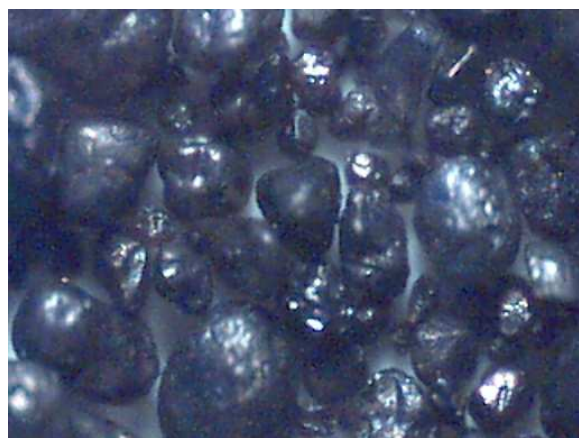
- oddzielenie z zużytej masy zanieczyszczeń mechanicznych, głównie metalowych,
- uwolnienie powierzchni ziaren osnowy piaskowej z otoczki zużytego materiału wiążącego,
- odpylenie regeneratu i klasyfikacja osnowy w celu wyodrębnienia określonej frakcji ziaren.

W tym kontekście należy stwierdzić, że ograniczenie się jedynie do koncepcji mechanicznej regeneracji mas żywicznych, co w ostatnim czasie jest szczególnie eksponowane, niezależnie od sposobu realizacji procesu uwalniania ziaren osnowy z otoczki materiału wiążącego, jest niewystarczająco uzasadnione, zwłaszcza w aspekcie stale podkreślanej przez praktykę potrzeby wykorzystania regeneratu jako uniwersalnej osnowy do sporządzania mas formierskich i rdzeniowych. Tak zwana uproszczona regeneracja osnowy z mas zużytych, której zadaniem jest wykorzystanie częściowo uzdatnionej masy jest dopuszczalna i ekonomicznie uzasadniona, przede wszystkim wówczas, gdy osnowa odzyskana w wyniku regeneracji jest przeznaczona do sporządzania wypełniającej masy formierskiej. Można stwierdzić, że stosowanie regeneratu wyłącznie do masy wypełniającej jest całkowicie nieperspektywiczne, zwłaszcza przy uwzględnieniu ograniczonego dostępu do krajowych materiałów formierskich.

Rysunek 1 przedstawia zdjęcia regeneratu po regeneracji mechanicznej wibracyjnej z jednej krajowych odlewni oraz tego samego regeneratu poddanego dodatkowo regeneracji termicznej wykonanej na AGH. Oceniając wizualnie stopień oczyszczenia powierzchni ziaren można zauważyć, że regeneracja mechaniczna nie jest wystarczająca do całkowitego usunięcia z regenerowanej osnowy otoczki zużytego materiału wiążącego.

a) po regeneracji mechanicznej w odlewni

b) po dodatkowej regeneracji termicznej w AGH



Rys. 1. Powierzchnia ziarn regenerowanej osnowy [6].

Prowadzone w AGH badania regeneracji wskazują, że w przypadku mas z żywicami poddanie masy nawet krótkiemu procesowi regeneracji cieplnej daje bardzo dobre wyniki. Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów wytrzymałości na zginanie R_g^u próbek masy sporządzonych na zregenerowanej osnowie uzyskanej następująco:

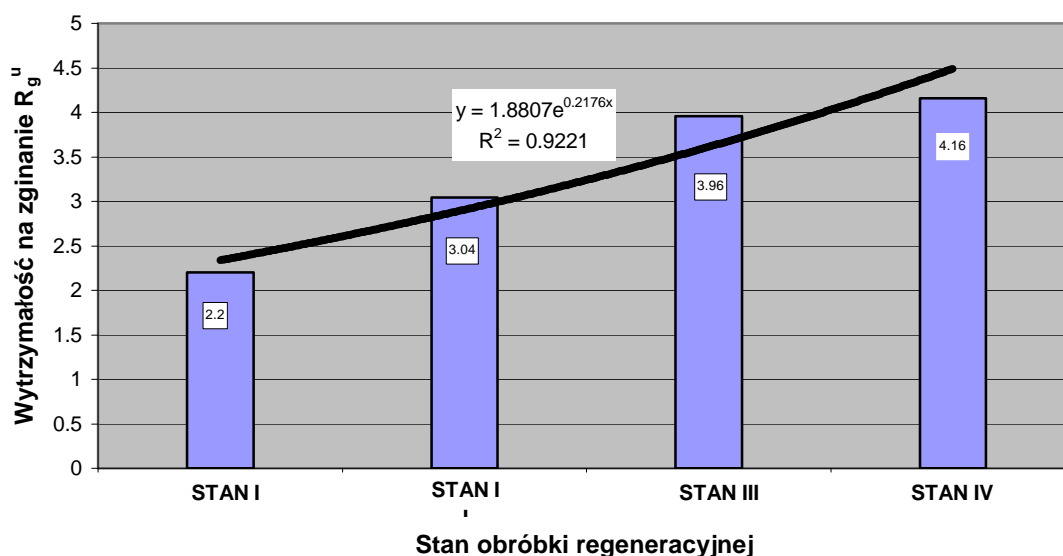
- I. zużyta masa poddana regeneracji mechanicznej wibracyjnej w odlewni,
- II. regenerat jak I, poddany dodatkowej regeneracji mechanicznej w regeneratorsie odśrodkowym bezударowym,
- III. regenerat jak I, poddany dodatkowej regeneracji termicznej w urządzeniu doświadczalnym w AGH,

- IV. regenerat jak I, poddany W AGH dodatkowej regeneracji termicznej w urządzeniu doświadczalnym oraz kolejnej obróbce w regeneratorze odśrodkowym bezударowym (regeneracja kombinowana).

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie R_g^u przedstawiono na rysunku 2.

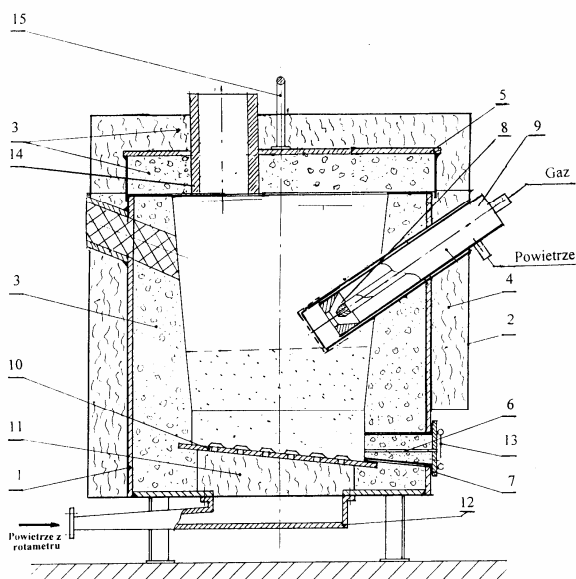
3. Przykładowe rozwiązania urządzeń do regeneracji mas.

Regeneratory termiczne są z zasady budowane jako regeneratory fluidyzacyjne, ze spalaniem gazu w złożu. Ich zaletą jest korzystny bilans cieplny, zwłaszcza gdy do podgrzewania powietrza wykorzystuje się ciepło odzyskane podczas chłodzenia regeneratu. Niedogodnością regeneratorów fluidyzacyjnych jest konieczność znacznej ich rozbudowy o systemy kontroli spalania gazu, instalacje przeciwwybuchowe.

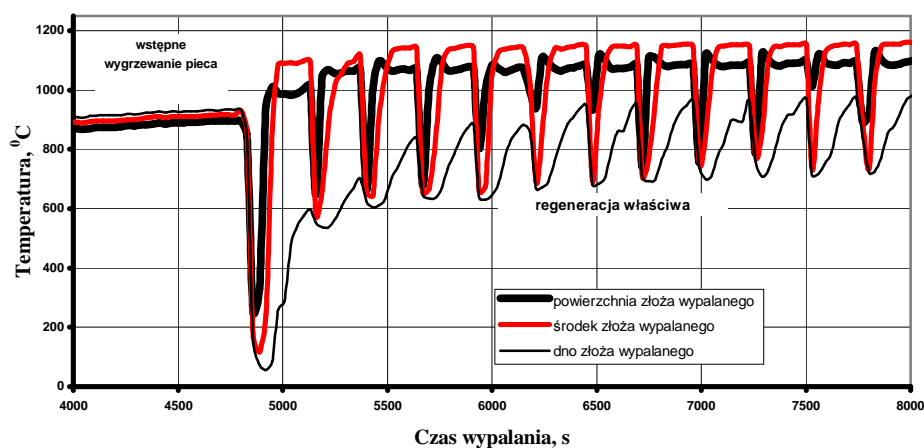


Rys. 2. Wyniki wytrzymałości na zginanie R_g^u próbek masy sporządzonej na osnowie zregenerowanej w różny sposób (stan I – IV) [6].

W rozwiązaniu doświadczalnego regeneratora termicznego AGH przedstawionym na rysunku 3 zastosowano także nagrzewanie od palnika zewnętrznego, z okresowym wykorzystaniem fluidyzacji do mieszania złoża, co powoduje charakterystyczną oscylację przebiegu temperatury w tym regeneratorze, ale jednocześnie pozwala na szybsze jej ustabilizowanie na określonym poziomie (por. rys. 4).



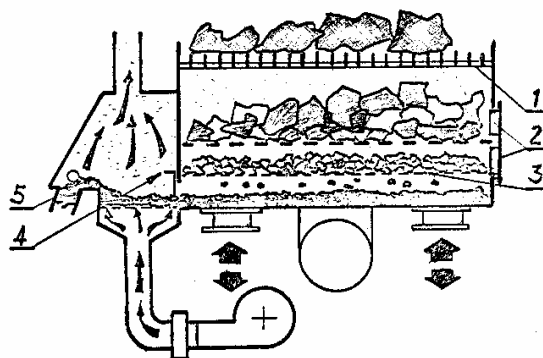
Rys. 3. Schemat doświadczalnego regeneratora cieplnego: 1 – stalowa obudowa, 2 – płaszcz, 3 – beton ogniotrwały, 4 – izolacja z włókien ceramicznych, 5 – pokrywa, 6 – otwór termopary, 7 – uszczelnienie azbestowe, 8 – palnik, 9 – obudowa palnika, 10 – dno fluidalne, 11 – wełna ceramiczna, 12 – skrzynia powietrzna, 13 – zamknięcie wysypu, 14 – króciec wylotowy, 15 – zawieszka.



Rys. 4. Przykładowy przebieg temperatury regenerowanej masy dla okresowego czasu fluidyzacji złoża 10 s, w odstępach co 5 minut.

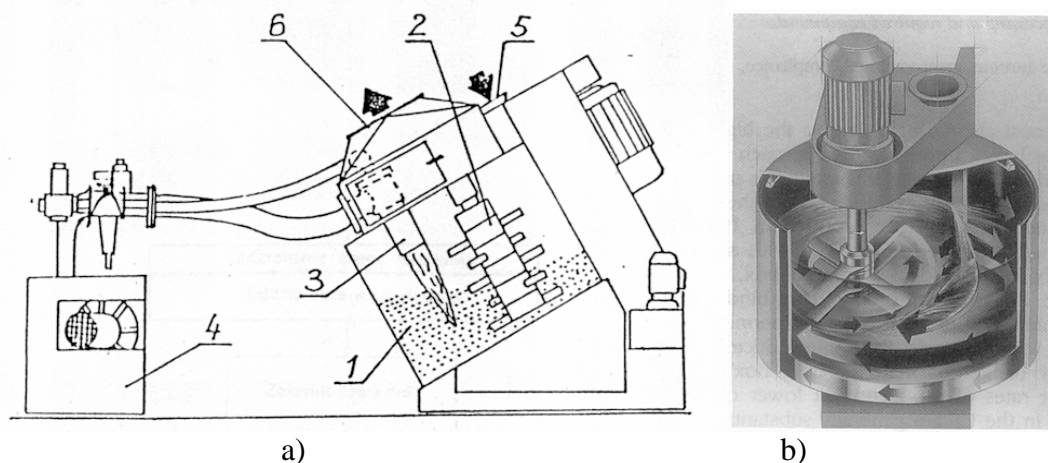
Odrębną grupę stanowią automatyczne regeneratory wibracyjne lub ściernie, o uniwersalnym przeznaczeniu.

Przedstawicielami pierwszej grupy są znane wibratory typu Gamma-mill firmy Baker-Parkins (rys.5), Vibrader i inne.



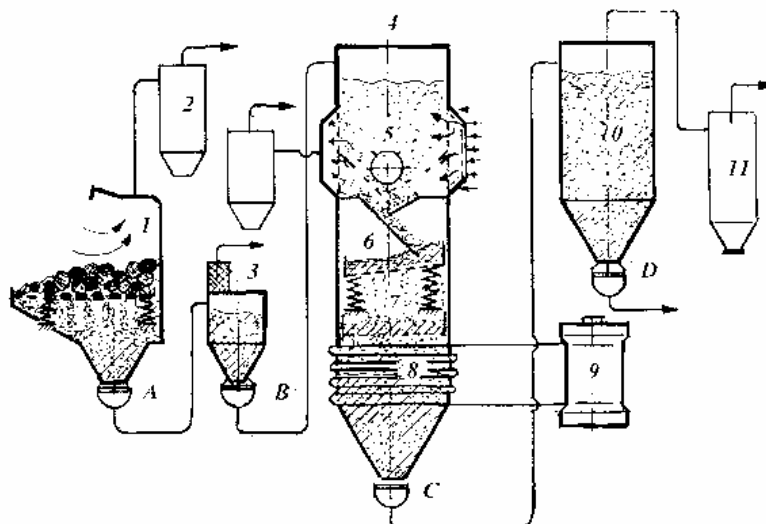
Rys. 5. Wieloczynnościowe urządzenie wibracyjne Gamma-mill firmy Baker-Parkins do suchej wibracyjnej regeneracji osnowy masy: 1 - płyta rozkruszająca zbrylenia, 2 - drzwiczki do usuwania zanieczyszczeń, 3 - główna płyta rozdrabniająca, 4 - klasyfikator pneumatyczny, sito, 5 - wysyp zanieczyszczeń [4].

Regeneratory ścierno-termiczne firmy Eirich (rys. 6) oraz firmy Pohl są budowane na bazie zespołów mieszarek wirnikowych z określonymi zmianami konstrukcji wynikającymi z konieczności pracy niektórych elementów urządzenia w temperaturze 500-900⁰C. Zaletą rozwiązania jest oszczędność energii wynikająca ze znacznie mniejszego zużycia powietrza w porównaniu z regeneratorami fluidyzacyjnymi o tej samej wydajności. Również korzystne jest nie przegrzewanie całej objętości ładunku, którego temperatura nie przekracza 450⁰C, przy temperaturze na powierzchni wynoszącej około 900⁰C.



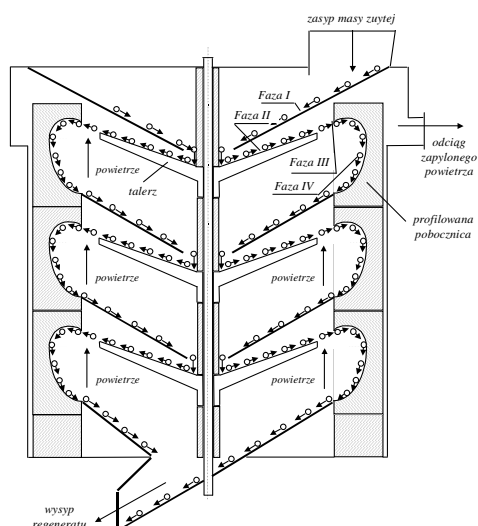
Rys. 6. Schemat urządzenia a) Thermreg firmy Eirich do regeneracji ciepłno-mechanicznej: 1 – misa obrotowa, 2 – wirnik, 3 – palnik, 4 – wentylator, 5 – dopływ świeżego powietrza, 6 – odciąg, b) system Pohla [2].

Do innej grupy rozwiązań zaliczyć można regeneratory firmy IMF – przedstawiony schematycznie na rysunku 7. Jest to rozwiązanie, w którym właściwa regeneracja ścierna odbywa się w systemie kolumnowym.



Rys. 7. Schemat systemu regeneracji firmy IMF 1- krata do rozkruszająca, 2 i 11 – filtr odpylający, 3 – zasobnik masy, 4 – regenerator IMF, 5 – rozdrabniacz abrazyjny, 6 – sito wibracyjne, 7 – sito stacjonarne, 8 – chłodnica wodna, 9 – wymiennik ciepła, 10 – zasobnik regeneratu, A, B, C, D – podajnik transportu pneumatycznego.

Aktualnie często stosowanym urządzeniem może być regenerator odśrodkowy. W trakcie przemieszczania ziarn po talerzu i uderzania o obwodnicę pierścieniową zachodzą elementarne procesy ścierania i kruszenia, w wyniku których następuje częściowe usunięcie materiału wiążącego z powierzchni ziarn. Wersję bezударową regeneratora odśrodkowego o specjalnym profilu elementów roboczych opracowano w AGH (rys. 8) [7].



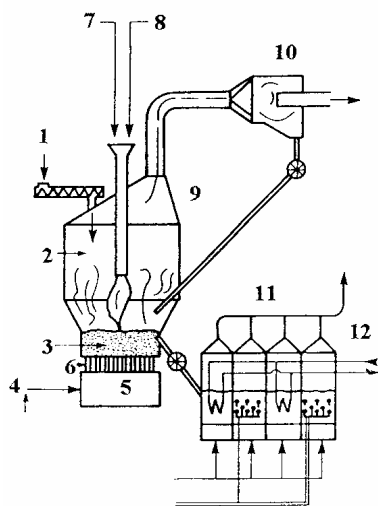
Rys. 8. Regenerator odśrodkowy bezударowy według koncepcji AGH [7, 8].

Spośród mechanicznych urządzeń do regeneracji w dyspozycji krajowych odlewni są regeneratory odśrodkowe, produkowane w oparciu o projekty autorstwa Instytutu Odlewnictwa i Prodluwo o/Kraków. Regeneracja w urządzeniach odśrodkowych została zastosowana w Polsce do regeneracji ciekłych mas samoutwardzalnych ze szkłem wodnym (Metalodlew - Kraków, Pioma – Piotrków Trybunalski, Pomet - Poznań).

W metodach, w których dominuje elementarna operacja kruszenia wykorzystuje się młyny walcowe, młyny kulowe, kruszarki śrutowe, kruszarki młotkowe i inne urządzenia. Przykładem rozwiązań bębnowych jest regenerator firmy Didion, który może występować w rozwiązaniu podstawowym, służącym do regeneracji tylko mechanicznej lub w rozwiązaniu kombinowanym, w którym połączone zostały efekty regeneracji mechanicznej i cieplnej.

Stosowanie regeneracji osnowy jest nieuchronne i w najbliższej przyszłości będzie obejmowało znacznie większy udział mas z żywicami w produkcji odlewniczej. Omawiany problem jest dostrzegany przez odlewnie zachodnioeuropejskie i amerykańskie, o czym świadczy oferta urządzeń jakie pojawiły się na targach w Düsseldorfie GIFA'99. Różne rozwiązania regeneracji mas z żywicami przedstawiło 22 wystawców. Należy przypuszczać, że tak duża oferta produkcyjna urządzeń tego typu jest po pierwsze związana z aktualnie stosowanymi technologiami produkcji odlewów, a po drugie wynika z konieczności utylizacji mas z żywicami, które pomimo wielu zalet mają jedną wadę - są masami jednokrotnego użycia. Typowym przykładem urządzenia do regeneracji cieplnej jest regenerator fluidyzacyjny Hot-Rec, włoskiej firmy Fataluminium [2]. Jest to urządzenie opalane gazem, w którym spalanie otoczki spoiwa odbywa się złożu nagrzanym do temperatury 700 – 900°C. Dwustopniowy odzysk ciepła umożliwia nagrzanie powietrza podawanego do komory spalania do temperatury około 500°C, co jest źródłem poważnych oszczędności.

Nowość w zakresie regeneracji cieplnej wprowadza rozwiązanie firmy Küttner (rys. 9), w którym odstępiono od fluidyzacyjnego nagrzewania na rzecz spalania mieszanki powietrzno-gazowej bezpośrednio na powierzchni nagrzewanej masy. Innowacyjne jest w tym rozwiązaniu także przygotowanie zużytej masy z bentonitem przed procesem regeneracji, którą wprowadza się do regeneratora w stanie nawilżonym do 3-4%. W temperaturze, która panuje w części roboczej regeneratora (ok. 850-900°C) następuje gwałtowne odparowanie wody, któremu towarzyszy eksplozyjne zwiększenie objętości pary. W efekcie z powierzchni osnowy zostają zerwane otoczki zużytego i częściowo zoolityzowanego zużytego lepiszcza.



Rys. 9. Regenerator do cieplnej regeneracji w systemie parowo-ciśnieniowym firmy KÜTTNER:
1- podajnik ślimakowy nawilżonej masy, 2 – reaktor fluidyzacyjny, 3- złożo sfluidyzowane,
4 – powietrze do fluidyzacji złoża, 5 – główna komora powietrza, 6 – płyta dystrybutora powietrza,
7 – przewód gazu ziemnego, 8 – powietrze do spalania gazu, 9 – palnik gazowy, 10 – oddzielnik
grubszych frakcji osnowy, 11 – chłodziarka fluidyzacyjna, 12 – wodne wymienniki ciepła [2].

4. Podsumowanie.

Kompleksowe rozwiązanie problemu regeneracji w warunkach polskich w pojedynczym zakładzie jest trudne z uwagi na konieczność poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych. Korzystniejsze byłoby podjęcie przez kilka odlewni znajdujących się w pobliżu siebie koncepcji wspólnej organizacji przedsiębiorstwa, którego zadaniem jest regeneracja i utylizacja odpadów.

W nawiązaniu do regeneracji zużytych mas z żywicami można stwierdzić, że większość znanych i stosowanych obecnie w Europie rozwiązań, realizowanych w jednofunkcyjnych regeneracjach wibracyjnych nie jest aktualnie wyposażona w operacje pozwalające na skuteczną realizację wszystkich podstawowych funkcji regeneracyjnych, w takim natężeniu aby mogły one zrównoważyć skutki eliminowanej regeneracji termicznej. Dotyczy to takich, realizowanych w temperaturze otoczenia, jednostkowych operacji jak: ocieranie, ścieranie i kruszenie, których połączone oddziaływanie jest zdolne do uwolnienia ziaren osnowy z otoczek zużytego materiału wiążącego. W większości znanych rozwiązań sposobów realizacji regeneracji mechanicznej natężenie tych operacji nie jest niestety tak intensywne, aby efekt ich sumarycznego oddziaływania był równie skuteczny jak w przypadku, gdy użytą masę poddaje się wypaleniu organicznych składników spoiwa podczas regeneracji termicznej przy temperaturze 800 – 900°C.

Jeżeli wyeliminuje się regenerację mokrą, jako najmniej ekonomiczną i wymagającą znacznego zużycia wody, to do regeneracji piasku z mas odpadowych z bentonitem są stosowane w zasadzie takie same sposoby obróbki osnowy masy, jakie znalazły zastosowanie do regeneracji piasku z innych mas. Należy jednak uwzględnić, że zużyte masy, wymagające usunięcia otoczki na ziarnach piasku, składają się z różnych materiałów, które wymagają różnej obróbki regeneracyjnej w celu uwolnienia osnowy z pozostałości materiału wiążącego. Składają się na to:

- twarda, krucha, przepalona otoczka lepiszcza silnie przywarta do ziarna piasku (otoczka szamotowa, oolityczna);
- średnio twarda, plastyczna do kruchej, warstwa twardego bentonitu, z bentonitem o różnym stopniu degradacji i ze składnikami organicznymi ze spoiw rdzeniowych oraz nośnikiem węgla błyszczącego;
- miękka, plastyczna otoczka lepiszcza z aktywnym, zdolnym do pęcznienia, bentonitem i z ulokowanym w niej nośnikiem węgla błyszczącego.

Mechaniczna regeneracja umożliwia w zasadzie selekcję trzech rodzajów materiałów: regenerat, pył aktywny i pył nieaktywny. Do regeneracji zużytej masy formierskiej, zawierającej resztki wybitych z odlewów rdzeni z mas ze spoiwami żywicznymi, jest stosowany system trójstopniowej regeneracji, który jest kombinacją regeneracji pneumatycznej realizowanej na początku procesu i powtarzanej na jego końcu oraz rozdzielającej je regeneracji cieplnej. W tym przypadku wskaźniki eksploatacyjne instalacji są określone przez zużycie energii elektrycznej wynoszące 76 kWh na 1 tonę regeneratu i zużycie gazu równe 920 000 kJ/t (ok. 220 000 kcal/t) [4].

Analiza kosztów regeneracji [3] wskazuje, że sucha regeneracja mechaniczna wymaga najmniejszych nakładów kosztów inwestycyjnych, eksploatacyjnych i zużycia energii na 1 tonę regeneratu. Jeżeli dla porównania przyjąć, że w każdej z grup kosztów regeneracja sucha (mechaniczna lub pneumatyczna) uczestniczy w wysokości 100% to struktura kosztów dla pozostałych rodzajów regeneracji przedstawia się następująco:

- koszty inwestycyjne: regeneracja sucha 100%, mokra 625 - 660%, cieplna 125 - 165%,
- koszty eksploatacji stanowisk: regeneracja sucha 100%, mokra średnio 375%, cieplna - średnio 625%,

- zużycie energii na 1 tonę piasku: sucha 100%, mokra - średnio 1000%, ciepła od 1000 do 5000%.

Analiza rozwiązań stosowanych regeneratorów wskazuje, że w Kraju istnieją wszelkie warunki do podjęcia ich produkcji. Doświadczenia producentów mieszarek oraz suszarek fluidyzacyjnych, stwarzają dobre warunki ich wykorzystania do budowy urządzeń analogicznych do rozwiązań THERMREG, lub HOTREC (firmy FATA).

W kilku odlewniach pracują krajowe regeneratory odśrodkowe typu RTL-10. Gama tych rozwiązań powinna być rozszerzona o inne wielkości a także o rozwiązanie regeneratora bezударowego, charakteryzującego się zwiększonym oddziaływaniem ściernym.

Również w zakresie regeneratorów wibracyjnych można się oprzeć na wcześniejszych doświadczeniach firm konstruujących (budujących) kraty wibracyjne, wibropodajniki, czy przesiewacze wibracyjne.

W zakończeniu można wyrazić pogląd, że tworząc perspektywy funkcjonowania polskiego odlewnictwa w ramach krajów Unii Europejskiej trzeba mieć świadomość bardzo rygorystycznej w tych krajach gospodarki materiałami i odpadami odlewniczymi. Spełnienie norm europejskich, które już w Polsce faktycznie obowiązują wymagać będzie bardzo szybkiego wprowadzenia recyklingu i odzysku znacznej części materiałów. Jednym ze sposobów takiego działania jest wprowadzenie regeneracji najkorzystniej, w oparciu o własne krajowe rozwiązania urządzeń.

Praca finansowana w ramach pracy własnej nr 10.10.170.60

5. LITERATURA.

- [1].Holtzer M.: Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi w odlewniach. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2001.
- [2].Dańko J.: Energooszczędne procesy i urządzenia regeneracji cieplnej i cieplno-mechanicznej. XX Konferencja Naukowa Wydziału Odlewnictwa AGH, Kraków 1995, s. 231 –236.
- [3].Dańko J.: Nowoczesne kierunki w zakresie regeneracji zużytych mas formierskich”. II Sympozjum Naukowo - Szkoleniowe „Ochrona środowiska w odlewnictwie”, Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków 1996, s. 49-56.
- [4].Dańko J., Łucarz M., Bodzoń L.: Porównawcze badania efektywności regeneracji mechanicznej różnych rodzajów zużytej masy formierskiej. Acta Metallurgica Slovaca, rocznik 4, tom 2, Košice 1998, s. 207 - 213.
- [5].Lewandowski J.L., Dańko J., Holtzer M: The technological, economical and ecological factors determining the proper choice of a reclamation process of the used sand. Zeszyty Naukowe AGH, Nr 1, 1996, s. 73-81.
- [6].R. Dańko: Opracowanie tematyczne: The modern foundry sand reclamation techniques as a way to minimization of foundry waste. (w druku).
- [7].Dańko J., Łucarz M: Analiza symulacyjna parametrów bezударowego regeneratora odśrodkowego. Przegląd Odlewnictwa Nr 7-8, 1997, s. 230-233.
- [8].Łucarz M.: Opracowanie podstaw konstrukcji odśrodkowych regeneratorów mas formierskich. Praca doktorska, Kraków 1996.

LINIA DO ODLEWANIA TULEI CYLINDROWYCH LOT – 8

<i>Franciszek Pezarski,</i>	- <i>Instytut Odlewnictwa Kraków</i>
<i>Elżbieta Smoluchowska,</i>	- <i>Instytut Odlewnictwa Kraków</i>
<i>Irena Izdebska-Szanda</i>	- <i>Instytut Odlewnictwa Kraków</i>
<i>Jan Wojciechowski</i>	- <i>Mahle Krotoszyn S.A</i>
<i>Walerian Soliński</i>	- <i>TECHNICAL – Nowa Sól</i>
<i>Czesław Rudy</i>	- <i>TECHNICAL – Nowa Sól</i>

Streszczenie.

W nowej linii odlewania tulei cylindrowych LOT – 8 zainstalowanej w MAHLE „KROTOSZYN” S.A skojarzono dwa odrębne procesy; wstrzeliwania warstwy masy do formy i wirującej formy jako nowej technologii kształtowania odlewów przeznaczonych na tuleje cylindrowe. Zasadniczym elementem nowej zautomatyzowanej linii jest zespół urządzeń do odśrodkowego odlewania (wirówek), posadowionych na stole obrotowym o pionowej osi obrotu. Cechą charakterystyczną urządzeń do odśrodkowego odlewania (wirówek) jest ich usytuowanie pod kątem ostrym do osi pionowej stołu oraz możliwość wykonywania wszystkich czynności mających na celu przygotowanie wlewnicy do zalania poza stołem obrotowym.

Proces wykonania odlewu tulei zapewniają dwa manipulatory zalewania metalu i wstrzeliwania wewnętrznej warstwy masy oraz zablokowane stanowisko (stołu 6-cio pozycyjnego) obsługi technologicznej kokil. Proces wykonania odlewu tulei jest zautomatyzowany i sterowany z pulpitu operatorskiego z możliwością sterowania ręcznego poszczególnych zespołów. Zastosowanie wstrzelonych wkładek z masy wywiera decydujący wpływ na szybkość krzepnięcia oraz strukturę metalu i jego właściwości.

W referacie przedstawiono prace związane z uruchomieniem linii. Opisano jej budowę, wstępne próby i badania mające na celu doprowadzenie do osiągnięcia pełnej sprawności technicznej i technologicznej.

Wprowadzenie.

MAHLE "KROTOSZYN" S.A. jest producentem elementów do silników spalinowych, benzynowych i diesla, w tym między innymi tulei cylindrowych, prowadnic, gniazd i popychaczy zaworów oraz wkładek tłokowych. Swoją wysoką pozycję w produkcji różnych tulei cylindrowych na rynku europejskim zawdzięcza ciągłej wymianie urządzeń i unowocześnieniu procesów technologicznych w odlewni. Mając na uwadze postęp w zakresie rozwoju produkcji i eksportu, oraz podniesienie jakości wytwarzanych odlewów, spełniających rosnące kryteria jakościowe odbiorców w aspekcie wymogów norm ISO 9001, VDA 6.1, QS 9000 zakład podjął się w ramach projektu celowego KBN budowy i uruchomienia nowej zautomatyzowanej linii odśrodkowego odlewania i wspólnie z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie przeprowadzenia prac badawczo rozwojowych nad opracowaniem technologii i badaniem procesów technologicznych odlewania tulei cylindrowych w wirujących formach metalowych z wstrzeloną warstwą masy rdzeniowej.

Projektantem i producentem linii odlewania tulei cylindrowych LOT – 8 jest Przedsiębiorstwo Projektowo Produkcyjne TECHNICAL Sp. z o.o. z Nowej Soli.

Budowa i działanie linii.

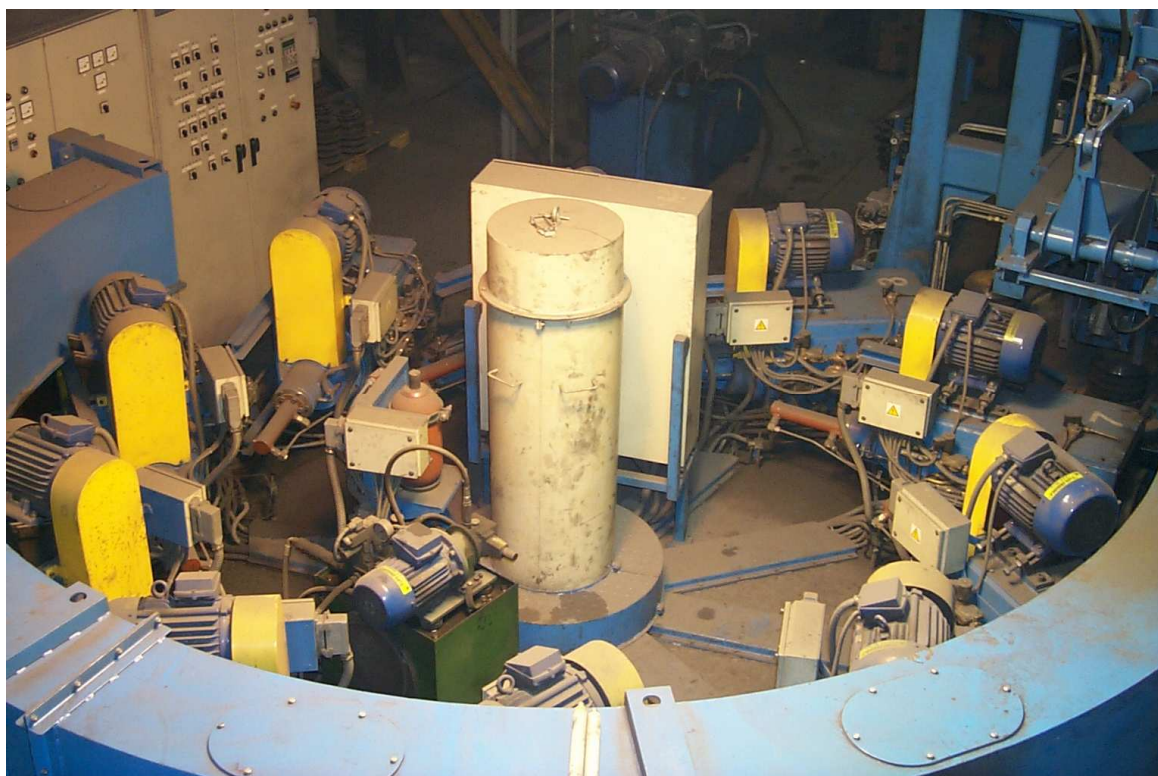
Nowa zautomatyzowana linia do odlewania tulei przeznaczona jest do wykonywania odlewów tulei cylindrycznych o zróżnicowanych średnicach i długościach.

Charakteryzuje się ona tym, że: łączy w sobie dwa odrębne procesy technologiczne; wstrzeliwanie warstwy masy do formy metalowej z nową technologią wirującej formy.

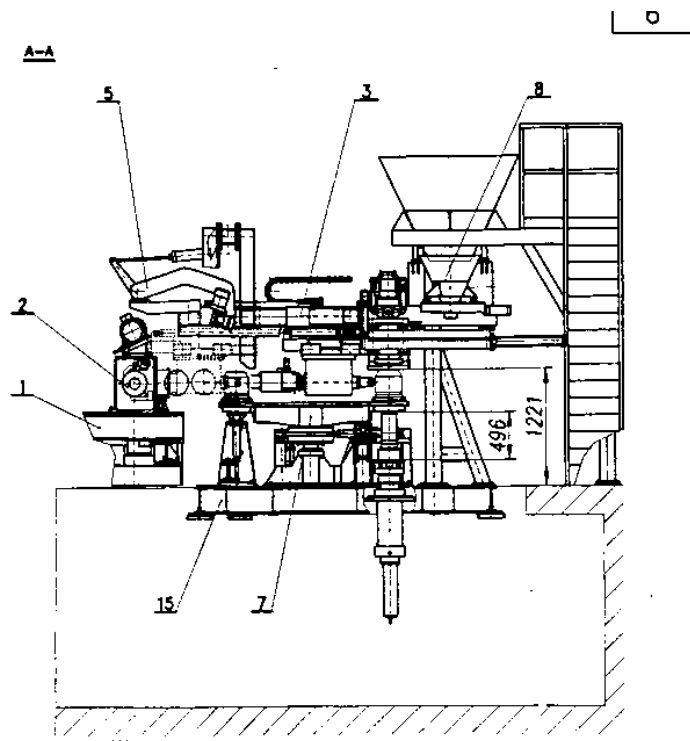
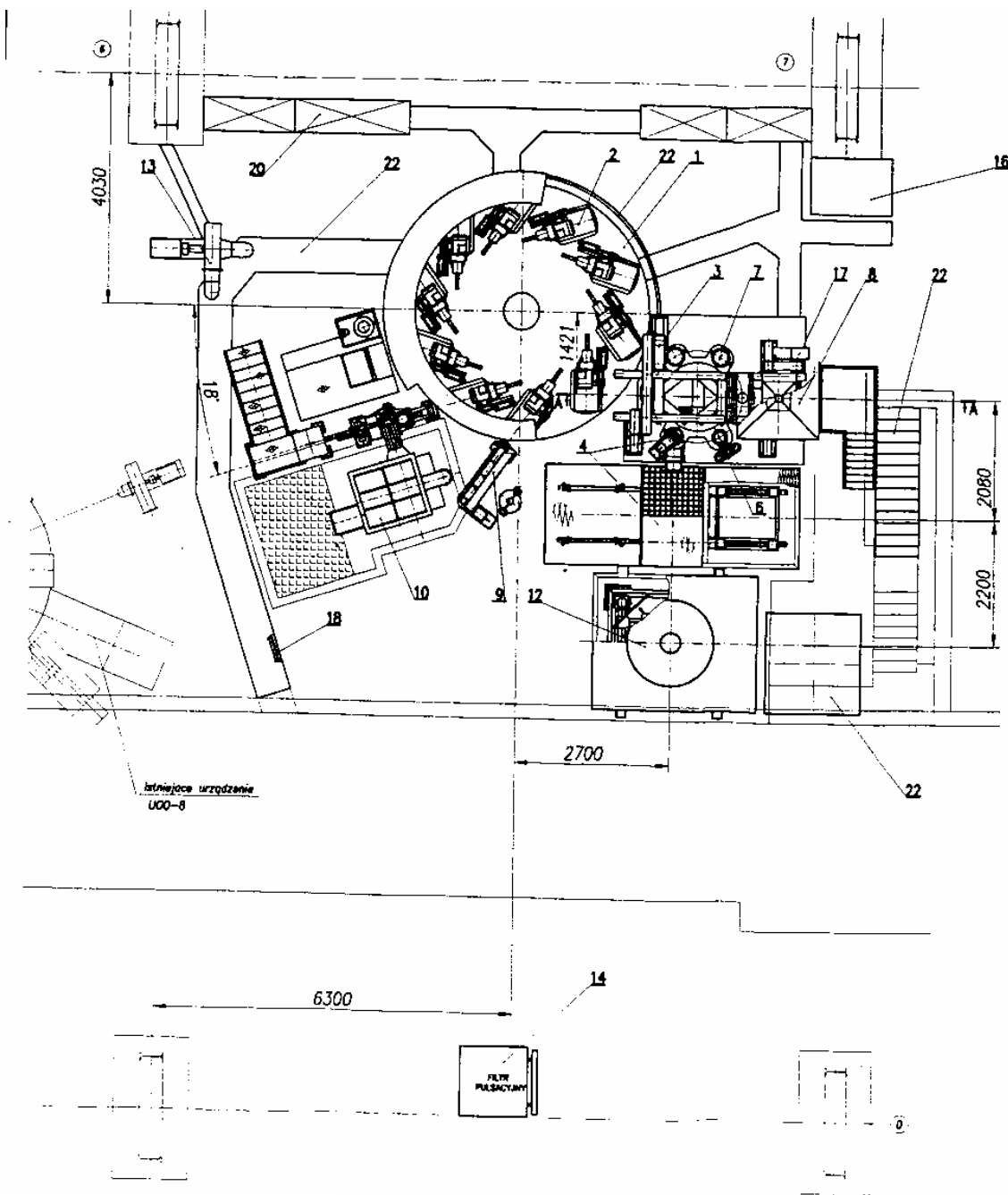
Dzięki nowatorskiemu usytuowaniu wirówek pod kątem ostrym do promienia stołu obrotowego, wszystkie wykonywane czynności mające na celu przygotowanie wlewnicy do zalania (czyszczenie powierzchni wewnętrznej formy, wstrzeliwanie warstwy masy, wypchnięcie odlewu tulei z formy) odbywają się poza stołem obrotowym. Linia posiada pełną automatyzację procesu technologicznego.

W skład linii przedstawionej schematycznie wraz z charakterystyką techniczną na rys.1. wchodzi następujące urządzenia:

Stół obrotowy (poz.1) - nazwany potocznie karuzelą przeznaczony jest do przemieszczania 10 wirówek w cyklu obrotowym co 36° , jak również doprowadzania mediów zasilających wirówki (hydraulika, prąd, woda do schłodzenia) oraz odbioru wody chłodzącej z wirówek. Na stole odbywa się zalewanie i studzenie tulei w wirówkach (**fotografia 1**).



Fot. 1. Stół obrotowy z wirówkami.



Charakterystyka techniczna linii

1. średnica odlewu wewnętrzna	min .80 mm	max. 185 mm
2. długość odlewu	min. 256 mm	max. 370 mm
3. programowane obroty wirówki	900 – 1300 obr/min	
4. ilość wirówek na karuzeli	10 sztuk	
5. czas trwania 1/10 obrotu karuzeli	6 sek.	
6. czas trwania pozostałych cykli maszynowych	34 sek.	
7. dozowanie metalu	objętościowe	
8. napięcie zasilające	3x380V/50Hz	
9. woda techniczna	0,25 MPa	
10. zapotrzebowanie wody chłodzącej	do 150 l/min	
11. zapotrzebowanie gazu	max. 6m/h	
12. gaz ziemny typ GZ 50	2 kPa	
13. zainstalowana moc w tym zespole dozowania metalu	120 kW	
14. poziom hałasu	max. 85 dB	
15. wyłożenie kokili-wstrzeliwana koszulka rdzeniowa, natrykiwana przed zalaniem		

Rys.1. Linia LOT – 8 do odlewania tulei cylindrowych w wirujących formach z warstwą wstrzelonej masy rdzeniowej

Wirówka (poz.2)-zamontowana na stole. Jej zadaniem jest nadanie ruchu obrotowego kokili wraz z koszulką rdzeniową i porcji metalu dla uzyskania zadanych parametrów tulei żeliwnej.

Manipulator wymiany kokil (poz.3) -przeznaczony do wymiany kokil w wirówce tzn. wyjęcia zalanej kokili z wirówki i przetransportowanie jej na stół obrotowy. Po wypchnięciu tulei z kokili manipulator transportuje pustą kokilę z koszulką rdzeniową ze stołu obrotowego do wnętrza wirówki.

Zespół wypychacza tulei z rynną i wózkiem (poz.4) -jego zadaniem jest wypchnięcie odlewu z kokili wraz z koszulką rdzeniową na stałą kratę przesypową skąd ręcznie odlewy przenoszone są na zespół odbioru odlewów , a pozostałości koszulek przesypują się przez kratę.

Manipulator czyszczenia kołnierzy (poz.5) –przeznaczony jest do oczyszczania ewentualnych zanieczyszczeń powstałych na skutek przywierania elementów koszulki rdzeniowej bezpośrednio do stalowych kołnierzy.

Manipulator czyszczenia kokili (poz.6) –jego zadaniem jest oczyszczenie wewnętrznej powierzchni kokili z resztek koszulki rdzeniowej i ewentualnej zalewki, ze szczególnym uwzględnieniem stożkowej powierzchni współpracującej ze stożkowymi powierzchniami wirówki chwytającej kokilę.

Stół obrotowy 6-cio pozycyjny (poz.7) –służy do transportu kokili w cyklu obrotowym co 60° nad umieszczone pod nim manipulatory, które przygotowują kokilę do operacji zalewania i odbierają z kokil gotowy odlew.

Zabudowa rdzeniarki RSC-6 (poz. 8) –zadaniem zespołu jest wykonanie koszulki rdzeniowej z piasku otaczanego jako wyłożenie termoizolacyjne wewnętrznych ścian kokili.

Manipulator nanoszenia powłoki (poz.9) –służy do wykonania natrysku powłoki ochronnej na powierzchnię skorupy (formy wykonanej na rdzeniarkce) wewnątrz kokili. Natrysk powłoki ochronnej ma zabezpieczyć przed przywieraniem odlewu do powierzchni skorupy.

Stanowisko zalewania z piecem indukcyjnym (poz.10) – zadaniem zespołu jest dozowanie ciekłego metalu z pieca do manipulatora zalewania, transport oraz wlanie metalu do wirówki.

oraz : zespół odbioru odlewów (poz.12) , zespół odciągu pary (poz.13), zespół odpylania (poz.14), rama nośna (poz.15) , instalacja hydrauliczna (poz.16) instalacja sprężonego powietrza (poz. 17), instalacja wody chłodzącej (poz.18), wyposażenie elektryczne (poz.20), wyposażenie ogólne (poz.22).

Wytworzenie odlewu w linii odśrodkowego odlewania tulei odbywa się na dwóch współpracujących ze sobą stołach. Na stole 6-cio pozycyjnym (technologicznym -poz.6) odbywa się przygotowanie kokili do odlewania i odbiór gotowych odlewów.

Na stole 10-cio pozycyjnym (z wirówkami poz.1) odbywa się końcowe przygotowanie kokili, zalewanie kokili metalem i studzenie.

Po właniu ciekłego metalu z pieca indukcyjnego (10) do tygla manipulatora zalewania i dodaniu modyfikatora następuje dojazd manipulatora w pole zalewnia, przechylenie i wylanie metalu do zbiornika wlewowego oraz zalanie metalu do obracającej się wirówki (poz.2). Po zalaniu następuje obrót stołu obrotowego (poz.1) wraz z obracającą się wirówką wokół własnej osi o 36° w kierunku sławy podłączonej do instalacji odpylającej (poz.13).

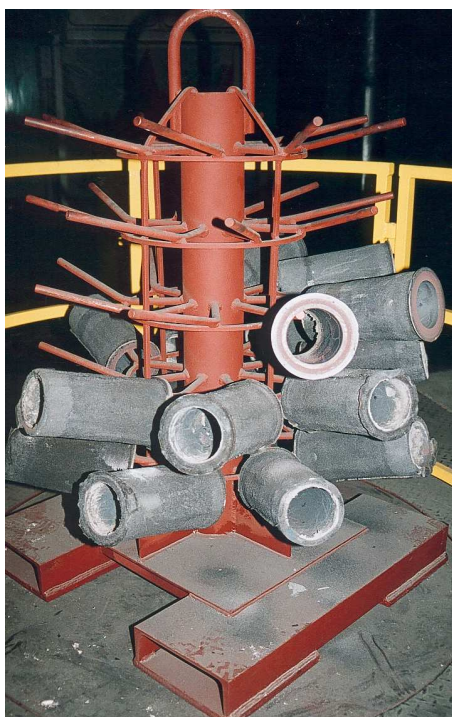
Po zatrzymaniu stołu obrotowego, na stanowisku rdzeniowania (poz.8) dozowana jest masa rdzeniowa do dozownika i wstrzeliwana jest koszulka rdzeniowa. Na stanowisku nanoszenia powłoki ochronnej manipulator nanoszenia powłoki (poz.9) realizuje natrysk powłoki ochronnej na zewnętrzną powierzchnię koszulki rdzeniowej. Na stanowisku wymiany kokili zostaje zatrzymana zalana metalem kokila i otwarta przesłona , po czym następuje wyjęcie kokili wraz z tuleją przez manipulator wymiany kokili (poz.3), obrót jej o 90° (do pozycji pionowej) i postawienie na stole technologicznym (6-cio pozycyjnym poz. 7).

Stół technologiczny (poz.7) przemieszcza o 60° kokilę z odlewem w oś działania zespołu wypychacza (poz.4).

Manipulator czyszczenia kołnierzy (poz. 5) zostaje wprowadzany do wirówki i za pomocą szczotek czyści z zanieczyszczeń kołnierze służące do mocowania kokili w wirówce. Po wycofaniu manipulatora czyszczenia kołnierzy, manipulator wymiany kokili (poz.3) unosi kokilę z nowo zaformowaną koszulką ponad 6-cio pozycyjny stół i obracając ją o 90 ° w położenie poziome wprowadza ją w oś wirówki (poz. 2), gdzie kołnierze zaciskają kokilę, a manipulator wymiany kokili zostaje wycofany.

Po zamknięciu przesłony, wirówka zostaje wprowadzona w ruch obrotowy.

Na stanowisku wypychania manipulator wypycha tuleję wraz z koszulką rdzeniową na kratę, gdzie resztki koszulki rdzeniowej są wyrzucane do wózka znajdującego się w kanale, a odlew przenoszony jest przez operatora na wieszak zespołu odbioru odlewów (poz. 12) (na **fotografii 2** przedstawiono wieszak zespołu odbioru odlewów oraz odlewy przygotowane do transportu na wydział obróbki mechanicznej). Po operacji stół technologiczny obraca kokilę o 1/6 podziałki w oś działania manipulatora czyszczenia kokili (poz.6), gdzie zostaje wyczyszczona wewnętrzna powierzchnia kokili z pozostałości po koszulce rdzeniowej, a kokila wprowadzana jest w oś działania rdzeniarki (poz.8).



Fot. 2. Wieszak zespołu odbioru odlewów i gotowe odlewy

Badania eksploatacyjne linii.

W czasie wykonywania odlewów próbnych tulei badano oddziaływanie metalu znajdującego się w wirującej kokili na koszulkę z masy rdzeniowej przy różnych obrotach wirówki, przy różnym strumieniu zalewanego metalu, przy różnych rodzajach piasku stosowanego na koszulkę i przy różnych powłokach stosowanych na pokrycie powierzchni koszulki

W każdej partii odlewów próbnych określano ilość braków, ilość odlewów do poprawy, skład chemiczny, własności mechaniczne (twardość, wytrzymałość na rozrywanie, skrawalność)

i strukturę odlewów). Przykładowe wyniki badań składu chemicznego przedstawiono w **tablicy 1**, badań wytrzymałościowych w **tablicy 2** i mikrostruktury w **tablicy 3**.

Tablica 1**Skład chemiczny badanych odlewów**

skład chemiczny (%)	wymagany w normie	próba nr 1	próba nr 2	próba nr 3	próba nr 4
C	3,20 – 3,50	3,30	3,23	3,33	3,31
Si	1,80 – 2,30	1,89	1,86	1,92	1,85
Mn	0,60 – 0,80	0,66	0,67	0,66	0,76
P	0,60 – 0,90	0,61	0,62	0,68	0,63
S	max. 0,12	0,044	0,035	0,025	0,025
Cr	max. 0,25	0,18	0,18	0,17	0,18

Tablica 2**Własności mechaniczne badanych odlewów**

twardość wymagana w normie (HB)	nr próby	twardość uzyskana: miejsce pomiaru; góra, środek i dół tulei	wytrzymałość na rozrywanie Rm (MPa) wymagana w normie	nr próby	wytrzymałość na rozrywanie Rm (MPa) uzyskana
220 - 270	1	229 – 234	≥ 250	1	298 – 294,2
	2	222 - 226		2	285,4 – 284,2
	3	220 - 226		3	292,9 – 294,3
	4	236 - 239		4	279,6 – 280,5

Tablica 3**Mikrostruktura badanych odlewów**

Wymagana w normie	Próba nr 1	Próba nr 2	Próba nr 3	Próba nr 4
grafit „A” „B” „C” „D” max 10% wielkość 4 -6	zgodnie z Warunkami Technicznymi W27C	zgodnie z Warunkami Technicznymi W27C	zgodnie z Warunkami Technicznymi W27C	głównie grafit „A” o wielkości 4 - 5
osnowa perlityczna ferryt max 5%	perlityczna ferryt 1%	perlityczna ferryt 1%	perlityczna ferryt 1%	perlityczna ferryt 1%

eutektyka równomiernie rozmieszczona	równomiernie rozmieszczona	równomiernie rozmieszczona	równomiernie rozmieszczona	równomiernie rozmieszczona
cementyt nie występuje	nie występuje	nie występuje	nie występuje	nie występuje

Oprócz kontroli poszczególnych urządzeń i zespołów oraz automatyki i sterowania przeprowadzono pomiary efektywności działania linii i jej chronometraż.

Na obecnym etapie pracy uzyskuje się odlewy o składzie chemicznym, twardości i wytrzymałości na rozciąganie oraz mikrostrukturze zgodnymi z zakładowymi Warunkami Technicznymi W27c wg WT 36. W trakcie obróbki skrawaniem w odlewach tych nie stwierdza się występowania wad materiałowych, a skrawalność oceniana jest jako dobra. (stwierdzono zmniejszenie zużycia narzędzi skrawających o około 25% w stosunku do tulei wykonywanych w normalnym cyklu produkcyjnym).

Zastosowanie nowej technologii odlewania odśrodkowego z wykorzystaniem warstwy masy na powierzchni wewnętrznej kokili pozwala osiągnąć dużą oszczędność w jednostkowych kosztach wytwarzania odlewów tulei cylindrowych, która wynika przede wszystkim z możliwości uzyskania odlewów o niższej masie jednostkowej w stosunku do odlewów wykonywanych obecnie, zmniejszeniu naddatków na obróbkę, powiększeniu uzysku. Pozwala to na odlanie większej ilości odlewów z tej samej ilości metalu. W zakresie obróbki skrawaniem nowy kształt odlewu pociąga za sobą mniejszą pracochłonność obróbki, zmniejszone zużycie narzędzi skrawających, oprzyrządowania i maszyn.

Na podstawie obserwacji działania poszczególnych urządzeń i instalacji linii, automatyki sterowania z nimi współpracującej oraz na podstawie szczegółowej oceny jakości wykonywanych na bieżąco odlewów próbnych można stwierdzić, że linia znajduje się w pełnej sprawności technicznej i technologicznej i jest gotowa do rozpoczęcia jej pełnego rozruchu produkcyjnego.

ZAKRES PRAC NORMALIZACYJNYCH PROWADZONYCH DLA POTRZEB ODLEWNICTWA

dr inż. Halina Pawłowska - Instytut Odlewnictwa w Krakowie
mgr inż. Krystyna Łuszczkiewicz - Instytut Odlewnictwa w Krakowie
dr hab. inż. Aleksander Fedoryszyn - Wydział Odlewnictwa AGH w Krakowie

Wstęp.

Normy są uznanym elementem prawa technicznego. Z tego też względu wymagana jest wszechstronna ich znajomość, przydatna w kontaktach klientów z producentami. Konkurencja i współzawodnictwo techniczne wymuszają ponadto szybkie zdobywanie informacji normalizacyjnych oraz wykorzystanie możliwości oddziaływania na ich zakres i treść. Dotyczy to zarówno stopów odlewniczych, maszyn i urządzeń instalowanych w odlewniach, metod badań, jak również wytwarzanych i sprzedawanych odlewów.

Znajomość postanowień norm pozwala ocenić oferty producentów oraz własne możliwości spełnienia wymagań określonych w normach.

Czynne zaangażowanie się w działalność normalizacyjną przynosi szereg wymiernych korzyści. Wskazują na to również doświadczenia krajów europejskich, w których notowany jest szeroki współdziałanie podmiotów gospodarczych w pracach normalizacyjnych [1,2].

Konsekwentnie rozwija się normalizacja międzynarodowa oraz europejska. O ile wdrożenie norm międzynarodowych (ISO) do Polskich Norm nie ma restrykcyjnego charakteru, to uzyskanie członkostwa Polski w Unii Europejskiej wymaga wprowadzenia do zbioru Polskich Norm co najmniej 80% norm europejskich (EN), a także wycofania wszystkich norm sprzecznych z nimi.

Aktualny stan realizacji zadań normalizacji w odlewnictwie.

Nowy system działalności normalizacyjnej w Polsce bazujący na modelu normalizacji w Unii Europejskiej wprowadzony został na podstawie ustawy o normalizacji z dnia 3 kwietnia 1993 r. Zgodnie z tą ustawą „Projekty Polskich Norm powinny uwzględniać postanowienia norm międzynarodowych i regionalnych w zakresie wynikającym z potrzeb państwa, związanym ze wspólną gospodarką, a zwłaszcza wymianą towarową z zagranicą...”

Pomimo, że stosowanie norm nie jest aktualnie obowiązujące, to proces dostosowania polskiej gospodarki do systemów światowych i europejskich stworzy w niedalekiej przyszłości ekonomiczny przymus ich stosowania. Spowodowane to będzie faktem przywoływania norm w przepisach i dokumentach rządowych, a także w umowach wiążących strony.

Normy również mogą odgrywać istotną rolę w przypadku rozstrzygania sporów przed sądami arbitrażowymi lub też przy stosowaniu niższych stawek ubezpieczeniowych, w przypadku ubezpieczania obiektów projektowanych z zastosowaniem znormalizowanych rozwiązań.

Działalność normalizacyjną z zakresu odlewnictwa prowadzą, powołane w 1994 r. przez Polski Komitet Normalizacyjny, dwie Normalizacyjne Komisje Problemowe:

NKP nr 202 ds. Urządzeń i Oprzyrządowania Odlewniczego,

NKP nr 203 ds. Materiałów Odlewniczych, Metod Badań i Technologii Odlewania,

których sekretariaty umiejscowione są w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie.

Dorobek normalizacyjny ostatnich lat w obszarze odlewnictwa wyznacza znaczna grupa ustanowionych już norm, jak i projektów norm europejskich, dotyczących głównie stopów odlewniczych, warunków dostawy odlewów, metod badań oraz oprzyrządowania i maszyn odlewniczych. W najbliższym czasie najważniejsza część zbioru Polskich Norm z zakresu odlewnictwa będzie dotyczyła tych norm PN, które stanowią wdrożenie norm europejskich EN. Priorytet w prowadzonych w Polsce pracach normalizacyjnych stanowi wdrażanie norm europejskich do Polskich Norm metodą tłumaczenia, przy zachowaniu treści i układu normy europejskiej.

Zakres dokonań Normalizacyjnych Komisji Problemowych, działających w odlewnictwie w zakresie harmonizacji norm EN z PN, zestawiono poniżej.

Numer normy europejskiej	Tytuł normy	Numer normy PN wdrażającej EN
EN 601:1994	Aluminium i stopy aluminium-Odlewy-Skład chemiczny odlewów przeznaczonych do kontaktu z żywnością	PN-EN 601:1999
EN 710:1997	Wymagania bezpieczeństwa dla formierek i rdzeniarek, instalacji i wyposażenia towarzyszącego	PN-EN 710:2000
EN 869:1997	Wymagania bezpieczeństwa dla maszyn ciśnieniowych	PN-EN 869:2000
EN ISO 945:1994	Żeliwo-Określanie cech wydzielen grafitu	PN-EN ISO 945:1999
EN 1265:1999	Metody badania hałasu maszyn i urządzeń odlewniczych	w trakcie opracowania
EN 1369:1996	Odlewnictwo-Badania magnetyczno-proszkowe	w trakcie opracowania
EN 1370:1996	Odlewnictwo-Ocena chropowatości powierzchni przy pomocy wzorców wizualno-dotykowych	PN-EN 1370:2001
EN 1371-1:1998	Odlewnictwo-Badania penetracyjne -Cz.1: Odlewy wykonywane w formach piaskowych, w kokilach i pod niskim ciśnieniem	w trakcie opracowania
EN 1371-2:1998	Odlewnictwo-Badania penetracyjne- Cz.2: Odlewy precyzyjne	w trakcie opracowania
EN 1559-1:1997	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 1: Wymagania ogólne	PN-EN 1559-1:2001
EN 1559-2:2000	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 2: Wymagania dodatkowe dla odlewów stalowych	w trakcie opracowania
EN 1559-3:1997	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 3: Wymagania dodatkowe dla odlewów żeliwnych	PN-EN 1559-3:2001
EN 1559-4:1999	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 4: Wymagania dodatkowe dla odlewów ze stopów aluminium	w trakcie opracowania
EN 1559-5:1997	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 5: Wymagania dodatkowe dla odlewów ze stopów magnezu	PN-EN 1559-5:2001

EN 1559-6:1998	Odlewnictwo-Warunki techniczne dostawy- Cz. 6: Wymagania dodatkowe dla odlewów ze stopów cynku	w trakcie opracowania
EN 1560:1997	Odlewnictwo-System oznaczenia żeliwa- Symbole i numery materiału	PN-EN 1560:2001
EN 1561:1997	Odlewnictwo-Żeliwo szare	PN-EN 1561:2000
EN 1562:1997	Odlewnictwo-Żeliwo ciągliwe	PN-EN 1562:2000
EN 1563:1997	Odlewnictwo-Żeliwo sferoidalne	PN-EN 1563:2000
EN 1564:1997	Odlewnictwo-Żeliwo sferoidalne hartowane z przemianą izotermiczną	PN-EN 1564:2000
EN 1706:1998	Aluminium i stopy aluminium-Odlewy-Skład chemiczny i własności mechaniczne	PN przekazana do ustanowienia w 2000 r.
EN 1753:1997	Magnez i stopy magnezu-Gąski i odlewy ze stopów magnezu	w trakcie opracowania
EN 1754:1997	Magnez i stopy magnezu-Anody, gąski i odlewy z magnezu i stopów magnezu-System oznaczenia	w trakcie opracowania
EN 1982:1998	Miedź i stopy miedzi	w trakcie opracowania
EN 2076-1:1989	Lotnictwo i kosmonautyka-Gąski i odlewy ze stopów aluminium oraz magnezu-Specyfikacja techniczna-Cz.1: Postanowienia ogólne	w trakcie opracowania
EN 2076-2:1989	Lotnictwo i kosmonautyka-Gąski i odlewy ze stopów aluminium oraz magnezu-Cz. 2: Specyfikacja techniczna-Odlewy próbne i seryjne	w trakcie opracowania
EN 2076-3:1989	Lotnictwo i kosmonautyka-Gąski i odlewy ze stopów aluminium oraz magnezu-Specyfikacja techniczna-Cz.3:Odlewy próbne i seryjne	w trakcie opracowania
EN 2545-1:1995	Lotnictwo i kosmonautyka-Przetopiony wsad oraz odlewy z tytanu i stopów tytanu- Specyfikacja techniczna-Cz.1: Postanowienia ogólne	w trakcie opracowania
EN 2545-3:1995	Lotnictwo i kosmonautyka-Przetopiony wsad oraz odlewy z tytanu oraz stopów tytanu- Specyfikacja techniczna-Cz.3: Odlewy próbne i seryjne	w trakcie opracowania
EN 10213-1:1995	Techniczne warunki dostawy odlewów staliwnych do pracy pod ciśnieniem. Cz.1.: Postanowienia ogólne	PN-EN 10213-1:1999
EN 10213-2:1995	Techniczne warunki dostawy odlewów staliwnych do pracy pod ciśnieniem. Cz.2: Gatunki staliwa do pracy w temperaturze pokojowej i podwyższonej	PN-EN 10213-2:1999
EN 10213-3:1995	Techniczne warunki dostawy odlewów staliwnych do pracy pod ciśnieniem. Cz.3: Gatunki staliwa do pracy w obniżonej temperaturze	PN-EN 10213-3:1999

EN 10213-4:1995	Techniczne warunki dostawy odlewów staliwnych do pracy pod ciśnieniem. Cz.4: Gatunki staliwa austenitycznego i austenityczno-ferrytycznego	PN-EN 10213-4:1999
EN 10283:1998	Odlewy staliwne odporne na korozję	w trakcie opracowania
EN 12421:1998	Magnez i stopy magnezu-Magnez niestopowy	w trakcie opracowania
EN 12438:1998	Magnez i stopy magnezu –Stopy magnezu na odlewane anody	w trakcie opracowania
EN 12454:1998	Odlewnictwo-Wizualne badania nieciągłości powierzchni-Odlewy staliwne wykonywane w formach piaskowych	w trakcie opracowania
EN 12513:2000	Odlewnictwo-Żeliwo odporne na ścieranie	w programie prac na lata 2001-2003
EN 12844:1998	Cynk i stopy cynku-Odlewy-Specyfikacje	w trakcie opracowania
EN 12890:2000	Odlewnictwo-Modele i oprzyrządowanie do produkcji form i rdzeni piaskowych	w programie prac na lata 2001-2003
EN 12892:2000	Odlewnictwo-Oprzyrządowanie dla produkcji zgazowanych modeli do procesu formowania z zastosowaniem zgazowanych modeli	w programie prac na lata 2001-2003
EN 23134-4:1993	Metale lekkie i ich stopy-Terminy i definicje-Cz.4: Odlewy	PN-EN 23134-4:1993

Problematyce normalizacji w obszarze odlewnictwa poświęcono szereg publikacji [4÷6], omawiających stan prac oraz zakres wymaganych działań.

Normy europejskie z zakresu odlewnictwa opracowywane są przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) w następujących Komitetach Technicznych:

CEN/TC 190 Odlewnictwo,
CEN/TC 132 Aluminium i stopy aluminium,
CEN/TC 133 Miedź i stopy miedzi,
CEN/TC 202 Maszyny odlewnicze - Bezpieczeństwo,
ECISS/TC 31 Staliwo,
CEN/TC 209 Cynk i stopy cynku.

Tematyka odlewnicza w Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO realizowana jest w następujących Komitetach Technicznych:

ISO/TC 3 Tolerancje i pasowania,
ISO/TC 17 Stal (staliwo),
ISO/TC 18 Cynk i stopy cynku,
ISO/TC 25 Żeliwo,
ISO/TC 26 Miedź i stopy miedzi,
ISO/TC 79 Metale lekkie i ich stopy,
ISO/TC 135 Badania nieniszczące.

Aktualnie w opracowaniu Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego CEN znajdują się następujące projekty norm:

pr EN 1247 Maszyny odlewnicze-Wymagania bezpieczeństwa dotyczące kadzi, urządzeń odlewniczych i maszyn do odlewania ciągłego i półciągłego
pr EN 1248 Maszyny odlewnicze-Wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń do śrutowania
pr EN ISO 8062-1 Specyfikacja geometryczna wyrobów-Wymiary i tolerancje geometryczne dla części formowanych-Cz.1: Ogólna terminologia i definicje

pr EN ISO 8062-2	Specyfikacja geometryczna wyrobów-Wymiary i tolerancje geometryczne dla części formowanych-Cz.2: Wymiary, tolerancje geometryczne i nadatki na obróbkę mechaniczną dla odlewów;
pr EN 10293-1	Odlewy stalowe konstrukcyjne i ogólnego przeznaczenia-Cz.1: Postanowienia ogólne;
pr EN 10293-2	Odlewy stalowe konstrukcyjne i ogólnego przeznaczenia-Cz.2: Stalowo konstrukcyjne;
pr EN 10293-3	Odlewy stalowe konstrukcyjne i ogólnego przeznaczenia-Cz.3: Stalowo ogólnego przeznaczenia;
pr EN 10295	Odlewy ze staliwa żaroodpornego;
pr EN 12680-1	Odlewnictwo-Badania ultradźwiękowe-Cz.1: Stalowo ferrytyczne;
pr EN 12680-2	Odlewnictwo-Badania ultradźwiękowe-Cz.2: Żeliwo sferoidalne;
pr EN 12680-3	Odlewnictwo-Badania ultradźwiękowe-Cz.3: Odlewy stalowe dla turbin;
pr EN 12681	Odlewnictwo-Badania radiograficzne;
pr EN 12883	Odlewnictwo-Oprządkowanie do produkcji modeli do odlewania metodą wytapianych modeli;
pr EN 12891	Odlewnictwo-Formy do odlewania ciśnieniowego i kokile;
pr EN 13835	Odlewnictwo-Żeliwo austenityczne.

Z norm międzynarodowych ISO wprowadzono cztery normy do zbioru norm odlewniczych, a mianowicie:

PN-ISO 3755:1994	Stalowo węglowe konstrukcyjne ogólnego przeznaczenia;
PN-ISO 4990:1994	Odlewy ze staliwa. Ogólne techniczne warunki dostawy;
pr PN-ISO 4993	Odlewy ze staliwa. Badania radiograficzne (do doświadczonego stosowania);
PN-ISO 8062:1997	Odlewy-System tolerancji wymiarowych i nadatków na obróbkę skrawaniem.

Niezbędna harmonizacja zbiorów odlewniczych norm PN z normami EN nie powinna jednak odbywać się bez aktywnego udziału przedstawicieli polskich odlewni w pracach grup roboczych podstawowych europejskich struktur normalizacyjnych, związanych z odlewnictwem np. CEN/TC 190 i CEN/TC 202. Uczestnictwo przy powstawaniu projektów norm oraz możliwość wpływania na postanowienia norm gwarantuje uniknięcie "zaskakiwania" krajowych odlewni. Ograniczenie się jedynie do "kibicowania" procesowi powstawania odlewniczych norm EN nie jest najlepszym rozwiązaniem dla polskiej praktyki odlewniczej.

Do zadań NKP, oprócz prac obejmujących wdrożenia norm EN czy ISO do Polskich Norm, należy również przygotowywanie norm PN, stanowiących opracowania własne, wynikające ze specyfiki polskiego odlewnictwa.

Ograniczone możliwości finansowe Polskiego Komitetu Normalizacyjnego nie pozwalają jednak na zaspokojenie wszystkich potrzeb normalizacyjnych w tym zakresie. Obserwowany jest przy tym brak zainteresowania opracowaniem czy nowelizacją istniejących norm ze strony zakładów odlewniczych i współuczestniczenia w finansowaniu norm, szczególnie tzw. norm własnych, które wynikają ze specyfiki krajowego odlewnictwa.

Normy jako element strategii zarządzania odlewnią.

Istotnym elementem strategii zarządzania odlewnią jest dążenie do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej, co wiąże się ze zdolnością do określania potrzeb klientów i szybkością ich urzeczywistniania.

Harmonizacja zbioru Polskich Norm z normami europejskimi pozwala na uczestnictwo w europejskim rynku odlewów.

Określenie i zaspokojenie potrzeb pozostaje w ścisłym związku ze zdobywaniem informacji, w tym również tych pochodzących z norm. Jakość tych informacji mówi o wiarygodności odlewni.

Jak wynika z dotychczasowej praktyki normalizacja, która nie jest celem strategicznym firmy, ani przedmiotem biznesu, nie jest w pełni doceniana przez odlewnie. Na co dzień nie myśli się o normach, dopóki ich brak nie spowoduje określonych niedogodności, np. utrudni realizację nietypowego zamówienia. Często kwestionowane są przez menadżerów przemysłu potrzeby prowadzenia działalności normalizacyjnej, mimo że trudno jest wyobrazić sobie funkcjonowanie firmy bez norm. Dlatego istnieje ciągła potrzeba przekonywania menadżerów o korzyściach wynikających z normalizacji.

Odpowiedzialność za zamówiony odlew nakłada na odlewnika potrzebę posiadania syntetycznej wiedzy fachowej zawartej w normach i traktowania norm jako narzędzia pomocnego w osiągnięciu odpowiedniej jakości odlewów oraz ich doskonałości.

Szereg działań składających się na proces wytwarzania odlewów wspomagają normy, które w sposób jednoznaczny określają materiały (surowce) stosowane w odlewnictwie, wyznaczają zasady prawidłowego wykonania rysunku surowego odlewu, określają wymagania dla materiałów formierskich, oprzyrządowania i maszyn odlewniczych, ustalają metodologię badań laboratoryjnych materiałów wsadowych, stopów odlewniczych, materiałów pomocniczych oraz odlewów.

Funkcjonowanie odlewni oraz wszystkie etapy procesu wytwarzania odlewów mogą być wspomagane normami, które ułatwiają zarządzanie i sprawowanie nadzoru.

Normy będące wiarygodnym źródłem informacji stanowią specyficzny punkt odniesienia, model z którym można porównać wyroby, czynności, formułować precyzyjniej określone zapisy. Wiedza pochodząca z norm może stanowić o konkurencyjności na rynku.

Normy:

- ⇒ pozwalają kadrze kierowniczej na organizowanie produkcji, zapewnienie jakości, zapewnienie bezpieczeństwa,
- ⇒ ułatwiają kontakty zamawiającego odlewy i ich producenta (dotyczy to rozeznawania, zapytań ofertowych, warunków zamówienia, działalności marketingowej, sprzedaży),
- ⇒ są pomocne przy projektowaniu odlewów (sporządzanie dokumentacji technicznej), kontroli procesu produkcji, ustaleniu warunków odbioru odlewów, określeniu metod pomiarów czy badań, opracowywaniu instrukcji dokumentujących każdy etap wytwarzania odlewów, zarządzaniu środowiskiem, gospodarką odpadami,
- ⇒ ułatwiają wprowadzanie systemów jakości i systemów zarządzania środowiskowego, stosowanie narzędzi jakości, prowadzenie auditów,
- ⇒ stanowią ważny element kształcenia pracowników odlewni.

Dokładna znajomość norm i ich stosowanie daje odlewnikowi argumenty w relacjach z klientem, a czasem i z kierownikiem działu jakości, a w działalności marketingowej natomiast pozwala na prezentację kompetencji.

W gospodarce wolnorynkowej, gdzie normy są dobrowolne – decyzja o ich stosowaniu jest niezależna i powinna być, swobodnie podejmowana na podstawie techniczno-ekonomicznych przesłanek.

Priorytetowa rola normalizacji w Europie, uwzględniona w tzw. „Zielonej Księdze” Komisji Wspólnot Europejskich, wydanej w 1990 r., zgodnie z którą „osiągnięcie stanu technologicznej integracji w Europie uzależnione jest od normalizacji” – ma swoją wymowę.

Źródła pozyskiwania informacji o normach odlewniczych.

Warunkiem powodzenia działalności normalizacyjnej w odlewni jest jej odpowiednia organizacja. Normalizacja zakładowa umożliwia stworzenie zewnętrznych kanałów informacji o normach, stanowi podstawę stabilnej i niezawodnej jakości procesu produkcyjnego oraz samych odlewów, pod warunkiem, że w komórce normalizacyjnej gromadzone są wszystkie normy tematycznie związane z produkcją odlewni, a także pozyskiwane są na bieżąco informacje o nowych normach.

Podstawowe źródła informacji normalizacyjnej o normach odlewniczych – nowo-ustanowionych, unieważnionych czy o wprowadzonych do nich zmianach lub poprawkach stanowią:

- ◆ czasopismo „NORMALIZACJA”, zawierające żółtą wkładkę „NORMALIZACJA-AKTUALNOŚCI” – jedyne, pełne i powszechnie dostępne źródło informacji o wynikach prac normalizacyjnych PKN,
- ◆ Katalog Polskich Norm,
- ◆ Ośrodek Informacji i Dokumentacji (OID) PKN ul. Elektoralna 2 w Warszawie oraz jego filia w Katowicach ul. Dąbrowskiego 22,
- ◆ Normalizacyjne Komisje Problemowe działające w obszarze odlewnictwa (Instytut Odlewnictwa - Kraków) dysponujące komputerową bazą norm odlewniczych, funkcjonującą w sieci Internet (około 4000 norm PN, ISO, EN, DIN, BS, ASTM, NF i UNI) oraz wydawnictwo "Katalog Norm Odlewniczych", aktualizowany co dwa lata,
- ◆ ankieta powszechna projektów norm ogłaszana w miesięczniku :”NORMALIZACJA”, która umożliwia zaznajomienie się z postanowieniami projektów norm (jeszcze na etapie ich opracowywania), co stwarza warunki do przygotowania się do przewidywanych zmian; praktyka ostatnich lat wskazuje na niewykorzystywanie tej możliwości w odniesieniu do norm odlewniczych,
- ◆ "Biuletyn Instytutu Odlewnictwa" - dwumiesięcznik naukowo-techniczny ,w którym publikowane są nowości normalizacyjne związane z odlewnictwem,
- ◆ prenumerata roczna norm, która zwalnia z obowiązku ciągłego śledzenia nowości normalizacyjnych, oraz z obowiązku składania okresowych zamówień na normy i oszczędza czas.

Istnieje zapotrzebowanie na przetworzoną odlewniczą informację normalizacyjną, ale niestety brak jest środków finansowych na podejmowanie nowych inicjatyw w zakresie syntetycznych opracowań z zakresu normalizacji.

Ograniczenia finansowe normalizacji w odlewnictwie.

Normy nie są bezpłatne, ktoś musi za nie zapłacić. Są tylko dwie możliwości - albo zapłaci za nie użytkownik normy, który oczekuje na łatwo dostępną, szybką, dokładną i kompetentną informację, albo twórca normy, który ponosi koszty związane z opracowaniem, przygotowaniem, opublikowaniem i rozpowszechnieniem normy.

W krajach Unii Europejskiej normy są opracowywane dla użytkowników, przez użytkowników, ze środków użytkowników [1]. W krajach tych uważa się, że jeśli organizacja normalizacyjna jest dotowana przez państwo w części większej niż 30% potrzebnych środków, to znaczy, że służy władzy, a nie społeczeństwu.

W Polsce 84% nakładów na prace normalizacyjne pochodzi z budżetu i proporcja ta musi ulec zmianie w najbliższym czasie. Odlewnicy jak dawniej oczekują na gotowe normy, ale

sytuacja wymusi zmiany w sposobie finansowania. Koniecznością stanie się współuczestniczenie zakładów w finansowaniu działalności normalizacyjnej

Niezmiernie ważne jest uświadamianie użytkownikom norm (również w odlewnictwie), że udział w tworzeniu norm i ich finansowanie jest poważną inwestycją, która przynosi wymierne korzyści [3].

Jeżeli dopływ pieniędzy z budżetu zostanie zminimalizowany - co stanie się z normalizacją w odlewnictwie? Od zaangażowania i motywacji tych, którzy opracowują i stosują normy odlewnicze zależy, czy rozwiązania normalizacyjne międzynarodowe, europejskie czy własne (te wynikające ze specyfiki polskiego odlewnictwa) będą realizowane w przyszłości.

Zmiana świadomości wszystkich, którzy wykorzystują w praktyce odlewniczej normy, jak i w innych branżach musi być ukierunkowana na podstawową zasadę:

Normalizacja jest usługą, organizacja normalizacyjna jest firmą usługową

Przyjmując powyższe stwierdzenie stanie się oczywistym, że za usługę trzeba płacić. Nikt nie świadczy jej za darmo, a już na pewno nie płaci się komuś za to, że chce z naszej usługi skorzystać.

Powinno się przyjąć zasadę, że wszyscy zainteresowani opracowaniem normy pokrywają bezpośrednie koszty z tymi związane, a ponadto partycypują w kosztach utrzymania filii PKN.

Odlewnicza Izba Gospodarcza w ostatnich kilku latach wyszła naprzeciw problemom finansowym normalizacji w odlewnictwie i dofinansowywała częściowo działalność normalizacyjną w odniesieniu do tzw. opracowań własnych norm PN, lecz z roku na rok te nakłady zmniejszają się. Tymczasem szereg norm odlewniczych, szczególnie dotyczących materiałów formierskich i metod ich badań oraz oprzyrządowania odlewniczego czeka na nowelizację postanowień, uwzględniającą dostosowanie ich do aktualnego stanu w przemyśle odlewniczym. W dorobku normalizacji w odlewnictwie znajduje się kilka norm PN, które mogłyby stanowić podstawę opracowania norm EN, (np. dotyczących wad surowych odlewów czy rysunku odlewniczego) lecz na ich uaktualnienie, przetłumaczenie na język angielski, wykonanie kolorowych zdjęć wad czy kolorowych rysunków brak jest środków finansowych.

Podsumowanie.

Zadania stojące przed normalizacją w odlewnictwie wynikają przede wszystkim z polityki integracyjnej, ale również z przeświadczenia o istotnej roli działalności normalizacyjnej. Możliwości i korzyści wynikające z tej działalności zależą jednak od stopnia zaangażowania środowiska branży odlewniczej.

Motywacją do uczestniczenia w działalności normalizacyjnej są korzyści, które ona niesie:

- szeroki dostęp do informacji o poziomie rozwoju i zamierzeniach konkurencji wśród uczestniczących w procesie normalizacji,
- wymiana doświadczeń wśród uczestników tej działalności,
- koszty wprowadzenia norm są zdecydowanie niższe (dla aktywnie uczestniczących w normalizacji),
- poznawanie i pokonywanie konkurencji [3].

Pamiętać i podkreślać należy, że to co będzie się działo w odlewnictwie także zależy będzie od uświadomienia sobie znaczenia norm w procesie wytwarzania odlewów.

Literatura.

- [1] Hesser W.: Funkcje i struktury krajowych jednostek normalizacyjnych we współczesnych uwarunkowaniach. Przegląd Odlewnictwa Nr 1, 1998, s. 21.
- [2] Kleinemeyer J.: Cykl normalizacyjny. Przegląd Odlewnictwa Nr 2, 1998, s. 58.
- [3] Kochańska J.: Finansowanie normalizacji. Normalizacja Nr 8, 2000, s. 4.
- [4] Pawłowska H., Szweycer M.: Kierunki działań normalizacyjnych w odlewnictwie. Przegląd Odlewnictwa Nr 9, 1994, s. 212.
- [5] Pawłowska H.: Normalizacyjne szansę do wykorzystania. Biuletyn Instytutu Odlewnictwa Kraków, Kraków Nr 1, 1998, s. 41.
- [6] Pawłowska H., Fedoryszyn A.: Zadania normalizacji w odlewnictwie. Materiały II Konferencji "Tendencje Rozwojowe w Mechanizacji Procesów Odlewniczych". Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków, 1999, s. 215.

BILANS MATERIAŁÓW FORMIERSKICH W PROCESIE WYKONANIA ODLEWÓW

*Dr hab.inż prof..PZ Ireneusz .Dzwonnik
Politechnika Zielonogórska*

Streszczenie.

W opracowaniu zaproponowano zastosowanie bilansu dla wszystkich materiałów biorących w procesie wytwarzania z możliwością bilansowania na każdym etapie produkcji. Pewną nowością w zaproponowanym sposobie bilansowania jest rozliczanie materiałów i produktów przez pobierającego a nie przez wydającego. W ten sposób stworzono możliwości łatwego stwierdzenia niegospodarnego dysponowania pobranymi materiałem lub wyrobami pobranymi w poprzedzającym etapie do realizacji procesu w następnym etapie.

Wstęp.

W czasie transformacji gospodarki planowej w kierunku gospodarki rynkowej, spośród wielu obszarów decydujących o jej powodzeniu, dwa nabierają szczególnego znaczenia; jakość produkcji i koszty wytwarzania. Wpływ gospodarki materiałami formierskimi na koszty wytwarzania w odlewni odgrywa znaczącą rolę. Wynika to z dużej różnorodności pod względem jakościowym, wielkiego udziału wagowego i objętościowego materiałów i o różnych stanach skupienia. Wymaga to zaangażowania wielu różnorodnych środków transportowych, jak również magazynów do składowania materiałów. Nadmierna ilość składowanych materiałów zamraża kapitał co wpływa na wzrost kosztów wytwarzania. Zminimalizowanie zapasów magazynowania materiałów do wielkości niezbędnych ograniczy wielkość magazynów i zmniejszy wielkość zamrożonego kapitału. Można to osiągać poprzez udoskonalenie bilansowania materiałów odlewniczych przeprowadzanego na każdym etapie wytwarzania form i odlewów z wykorzystywaniem komputerów. Znaczącym uproszczeniem opisu rozliczeń jest wykorzystanie zaproponowanych oznaczeń [1] materiałów i produktów biorących udział w procesie produkcyjnym.

Cel i zakres pracy.

Celem pracy jest opracowanie sposobu rozliczenia materiałów i produktów w procesie produkcyjnym realizowanym w odlewni z możliwością zastosowania komputerów. W pracy głównie skupiono się nad sposobem rozliczenia ilości materiałów formierskich biorących udział w wykonywaniu form oraz w ograniczonym zakresie ciekłego metalu. Opracowany sposób rozliczenia będzie opierał się na bilansowaniu wszystkich materiałów biorących udział w procesie na każdym etapie realizacji i każdej operacji procesu.

Ogólna postać bilansu.

Proces produkcyjny składa się nie tylko z procesów technologicznych, ale i wielu innych procesów pomocniczych jak: transport wewnętrzny, kontrola, przygotowanie oprzyrządowania i inne.

W pracy przedstawiono proces technologiczny przygotowania materiałów formierskich i wykonania form piaskowych i zalewania ich ciekłym metalem. Opracowany bilans materiałowy dotyczy głównie materiałów formierskich.

Proces technologiczny wykonania formy i odlewu podzielono na następujące etapy.

Etap 0 - stan wyjściowy

Etap 1 - przygotowanie składników do mas.

Etap 2 - mieszanie składników.

Etap 3 - wykonywanie elementarnych form - formowanie.

Etap 4 - składanie elementarnych form w złożoną formę odlewniczą.

Etap 5 - zalewanie złożonych form ciekłym metalem.

Etap 6 - wybijanie form - oddzielenie form od odlewów.

Etap 7 - przygotowanie używanej masy formierskiej do odświeżania.

Etap 8 - mieszanie składników masy odświeżanej., odświeżanie.

Dla uproszczenia, w rozważaniach pominięto etap utwardzania form elementarnych. Natomiast, w rozważaniach przyjęto, że każdy z osobna lub wszystkie etapy mogą być powtarzane dowolną ilość razy tworząc cykle produkcyjne.

Cykl produkcyjny może obejmować porcję materiału opisanej jej masą, lub kilka wyrobów opisanych masą i ilością sztuk, wykonanych w czasie jednego dnia, jednego tygodnia, miesiąca, kwartału lub roku.

Za podstawową jednostkę do obliczeń przyjęto masę materiału potrzebnego na jedną porcję produktu lub na wykonanie jednej sztuki wyrobu. Dla masy formierskiej jednostkę oznaczono symbolem -qi, dla ciekłego metalu i odlewu - gi.

Jeżeli w cyklu produkcyjnym wykonuje się - ni sztuk wyrobów lub porcji materiału to ni qi = **Qi** - dla masy składników mas formierskich i form a ni gi = **Gi** - dla masy ciekłego metalu i odlewów.

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

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

Q2i - ilość materiałów lub produktów wykonanych w następnym etapie lub cyklu produkcyjnym , stanowi tzw. przychód.

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.

Q4i - ilość materiałów lub produktów pozostałych po realizacji etapu lub cyklu i stanowi trzeci stan zapasów przeznaczonych do realizacji w następnym cyklu lub etapie produkcji. W oznaczeniu np. **Q4i** należy rozumieć, że pierwszy indeks 4 informuje o pozycji w bilansie, drugi indeks i przybierający wartości od 0 do n opisuje kolejny cykl produkcji realizowany w danym etapie

Ogólnie bilans materiałowy procesu produkcyjnego w odlewni można przedstawić wyrażeniem;

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

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

Zapis bilansu na poziomie „pierwszego” etapu i kilku cykli produkcji.

$$1\text{- etap 1- cykl} \quad Q11 + Q21 = Q31 - Q0\text{'1} = Q41$$

$$\begin{aligned}
 &1\text{-etap } 2\text{- cykl} & Q_{12} + Q_{22} = Q_{32} - Q_{02} = Q_{42} & 2. \\
 &1\text{-etap } i\text{- cykl} & Q_{1i} + Q_{2i} = Q_{3i} - Q_{0i} = Q_{4i}
 \end{aligned}$$

Dla pierwszego etapu produkcji, przychód Q_{21} - materiału dostarczonego z zewnątrz lub Q_{01} - jest masa materiałów przekazywanych do dalszych cykli produkcji.

Natomiast Q_{41} - pozostałość materiału po pierwszym cyklu, staje się pierwszym zapasem materiału drugiego cyklu - Q_{12} .

Bilans materiałowy opisujący poszczególne etapy produkcji przedstawiony wyrażeniem (1) składa się z symbolu opisującego dany etap i wyrażenia opisującego bilans podstawowy, np. dla 1 etapu i 1- cyklu przygotowania składników mas i bilansującego osnowę piaskową O_i można zapisać;

$$O_i; [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] \quad 3.$$

Bilans dla 0 etapu składników do mas.

Bilans zerowy informuje o początkowym stanie zapasów materiałów i można go przedstawić;

$$\begin{aligned}
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla osnowy} & O_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] & . \\
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla mat. wiążącego} & S_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] & 4. \\
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla dodatków technolog.} & D_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] &
 \end{aligned}$$

Bilans dla 1 etapu - przygotowanie składników do mas.

Ogólnie jakościowy skład masy formierskiej można opisać wyrażeniem:

$$O_i + S_i + D_i = M_i$$

Gdzie, O_i - ziarniste materiały na osnowę, S_i - materiały wiążące; D_i - dodatki technologiczne, są składnikami masy formierskiej - M_i

Bilans składników mas;

$$\begin{aligned}
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla osnowy} & O_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] & 5. \\
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla mat. wiążącego} & S_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] & 6. \\
 &1\text{- etap } 1\text{- cykl dla dodatków technolog.} & D_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] & 7.
 \end{aligned}$$

Bilans (5,6,7) powinien obejmować wszystkie składniki wchodzące w skład masy, Q_{11} - pierwszy zapas składników, Q_{21} - przychód składników, Q_{31} - drugi stan zapasów składników, Q_{01} - masa składników przygotowanych do dalszego użytku i staje się przychodem składników do następnego etapu wykonania mas, a Q_{41} - trzeci stan zapasów składników do przygotowania.

Bilans dla 2-etapu wykonania mas - mieszanie.

Jeżeli skład ilościowy masy jest określony to ilość masy wykonanej w n cykli mieszania wyniesie;

$$O_i q_1 n_i + S_i q_2 n_i + D_i q_3 n_i = M_{qi} n_i$$

Gdzie $q_i = q_1 + q_2 + q_3$ jest porcją masy wykonanej w jednym cyklu mieszania

Bilans wykonania mas;

$$2\text{- etap } 1\text{- cykl wykonania mas} \quad M_i [Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}] \quad 8.$$

Bilans dla etapu 3- wykonanie półform - formowanie.

Wykonanie form elementarnych nie utwardzonych (wilgotnych) określone jako formowanie - f_i , można przedstawić wyrażeniem;

$$M_{qi} \text{ ---} f_i \text{ --} \rightarrow F_{qi} \quad \text{dla jednej półformy}$$

$M_{qi} \xrightarrow{f_i} F^* q_i$ dla drugiej półformy

Gdzie q_i - jest masą jednej porcji pobranej masy M_{qi} do formowania i jest równa masie półformy F_{qi} .

Dla ni -półform wyrażenie ma postać:

$$M_{iqini} \xrightarrow{f_i} F_{iqini} = F_i(Q_i + n_i)$$

Gdzie: F_i jest formą elementarną, o masie $Q_i = q_{ini}$, a n_i jest ilością wykonanych półform.

Wprowadzenie oznaczenia $(Q_i + n_i)$ pozwoliło na jednoczesne przedstawianie masy form i ich sztuk

Bilans dla wykonanych półform

Dla pierwszego cyklu produkcji form elementarnych - **F**.

$$F[(Q_{11} + n_{11}) + (Q_{21} + n_{21}) = (Q_{31} + n_{21}) - (Q_{01} + n_{01}) = (Q_{41} + n_{41})] \quad 9.$$

Dla n cyklu produkcji **F**

$$F[(Q_{1n} + n_{1n}) + (Q_{2n} + n_{2n}) = (Q_{3n} + n_{2n}) - (Q_{0n} + n_{0n}) = (Q_{4n} + n_{4n})] \quad 10.$$

Należy pamiętać, że $(Q_{2i} + n_{2i})$ jest przychodem cyklu następnego i równa się $(Q_{01} + n_{01})$ -rozchodowi cyklu poprzedniego oraz że trzecie zapasy z cyklu poprzedniego $(Q_{41} + n_{41})$ stają się zapasami $(Q_{12} + n_{12})$ cyklu następnego.

Bilans dla drugiej półformy **F*** będzie miał postać podobną, dla form **F**.

Bilans etapu - 4 montaż form odlewniczych.

W pracy założono, że forma odlewnicza **ZF** składa się z dwóch półform, bez rdzeni.

$$F + F^* = ZF$$

Jeżeli masy form elementarnych wynosiły odpowiednio $q_1 + q_2 = q$

$$Fq_1 + F^*q_2 = ZFq$$

Dla n form:

$$Fq_1 n + F^*q_2 n = ZFq n = ZF(Q + n)$$

Bilans dla złożonych form odlewniczych dla pierwszego cyklu produkcji **ZF**.

$$ZF[(Q_{11} + n_{11}) + (Q_{21} + n_{21}) = (Q_{31} + n_{21}) - (Q_{01} + n_{01}) = (Q_{41} + n_{41})] \quad 11.$$

Dla n cyklu produkcji **ZF**.

$$ZF[(Q_{1n} + n_{1n}) + (Q_{2n} + n_{2n}) = (Q_{3n} + n_{2n}) - (Q_{0n} + n_{0n}) = (Q_{4n} + n_{4n})] \quad 12.$$

Należy pamiętać, że $(Q_{23} + n_{23})$ to przychód cyklu następnego jest $= (Q_{01} + n_{01})$ rozchodowi cyklu poprzedniego oraz że trzecie zapasy z cyklu poprzedniego $(Q_{41} + n_{41})$ stają się zapasami $(Q_{12} + n_{12})$ cyklu następnego.

Bilans dla etapu 5 - zalewanie form metalem

Ogólnie proces zalewania form metalem i stygnięcia odlewu można zapisać;

$$ZF + Met \xrightarrow{z} ZFMet \xrightarrow{t} ZFOdl$$

gdzie; Met - porcja metalu do zalania formy, z - proces zalewania formy, t- czas stygnięcia odlewu, Odl - ostudzony odlew w formie.

Dla jednej formy jedno wnękowej;

$$ZFq + Met g \xrightarrow{z} ZFqMert g \xrightarrow{t} ZFqOdl g = ZFO(q + g)$$

Dla n - form,

$$ZFq n + Met g n \xrightarrow{z} ZFq nMert g n \xrightarrow{t} ZFq nOdl g n = ZFO(q n + g n)$$

Zakładając, że $q_n = Q = (Q + n)$; $g_n = (G + n)$ to proces zalewania można zapisać;

$$ZF(Q + n) + Met(G + n) \xrightarrow{z} ZF(Q + n)Met(G + n) \xrightarrow{t} ZFO(Q + n)(G + n) \quad 13.$$

Gdzie n - jest ilością sztuk form i odlewów a z- procesem zalewania.

$$\begin{aligned} & \text{Bilans dla złożonej formy odlewniczej zalanej ciekłym metalem} \\ & \mathbf{ZFMet}\{[(\mathbf{Q11} + \mathbf{n11})(\mathbf{G11} + \mathbf{n11})] + [(\mathbf{Q21} + \mathbf{n21})(\mathbf{G21} + \mathbf{n21})] \\ & = [(\mathbf{Q31} + \mathbf{n31})(\mathbf{G31} + \mathbf{n31})] - [(\mathbf{Q01} + \mathbf{n01})(\mathbf{G01} + \mathbf{n01})] = [(\mathbf{Q41} + \mathbf{n41}) \\ & (\mathbf{G41} + \mathbf{n41})]\} - \text{dla pierwszego cyklu .} \end{aligned} \quad 14.$$

$$\begin{aligned} & \mathbf{ZFMet}\{[(\mathbf{Q1n} + \mathbf{n1n})(\mathbf{G12} + \mathbf{n1n})] + [(\mathbf{Q2n} + \mathbf{n2n})(\mathbf{G2n} + \mathbf{n2n})] \\ & = [(\mathbf{Q3n} + \mathbf{n3n})(\mathbf{G3n} + \mathbf{n3n})] - [(\mathbf{Q0n} + \mathbf{n0n})(\mathbf{G0n} + \mathbf{n0n})] = [(\mathbf{Q4n} + \mathbf{n4n}) \\ & (\mathbf{G4n} + \mathbf{n4n})]\} - \text{dla n-tego cyklu} \end{aligned} \quad 15.$$

Z uwagi na osobne rozliczenie złożonych form i ilości metalu wlanego do form, opis bilansu może być rozdzielony.

$$\mathbf{ZF}[(\mathbf{Q11} + \mathbf{n11}) + (\mathbf{Q21} + \mathbf{n21}) = (\mathbf{Q31} + \mathbf{n31}) - (\mathbf{Q01} + \mathbf{n01}) = (\mathbf{Q41} + \mathbf{n41})] \quad 16.$$

dla pierwszego cyklu zalanych form.

$$\mathbf{Met}\{[(\mathbf{G11} + \mathbf{n11})] + (\mathbf{G21} + \mathbf{n21}) = (\mathbf{G31} + \mathbf{n31}) - (\mathbf{G01} + \mathbf{n01}) = (\mathbf{G41} + \mathbf{n41})\} \quad 17.$$

dla pierwszego cyklu metalu do zalanych form.

Bilans etapu 6 - wybijanie form czyli oddzielanie form od odlewów ..

Bilans wybijania postanowiono przedstawić osobno dla odlewów i dla używanych form. podyktowane jest to innymi przebiegami procesów z formami a innych z odlewami.

Proces wybijania można opisać;

$$\mathbf{ZFO} \text{ --- } w \rightarrow \mathbf{UZF} + \mathbf{Odl}$$

Dla jednej formy do wybicia **ZFO** jej masa jest równa sumie masy formy używanej **UZF** i masy odlewów **Odl** w niej znajdujących się.co można zapisać;

$$\mathbf{ZFO}(q + g) \text{ -- } w \rightarrow \mathbf{UZF}q + \mathbf{Odl}g$$

Dla n - form i odlewów wyrażenie przyjmie postać;

$$\mathbf{ZFO}(q n + gn) \text{ -- } w \rightarrow \mathbf{UZF}qn + \mathbf{Odl}gn$$

Z uwzględnieniem wcześniejszych ustaleń można zapisać;

$$\mathbf{ZFO}[(\mathbf{Q} + \mathbf{n})(\mathbf{G} + \mathbf{n})] \text{ -- } w \rightarrow \mathbf{UZF}[(\mathbf{Q} + \mathbf{n}) + \mathbf{Odl}[(\mathbf{G} + \mathbf{n})]]$$

Gdzie; **UZF**[(**Q** + **n**) opisuje masę **Q** i **n** sztuk form używanych a **Odl**[(**G** + **n**)] masę **G** i **n** sztuk odlewów wybitych, w- proces wybijania.

Bilans dla form używanych ma postać;

$$\mathbf{UZF}[(\mathbf{Q11} + \mathbf{n11}) + (\mathbf{Q21} + \mathbf{n21}) = (\mathbf{Q31} + \mathbf{n31}) - (\mathbf{Q01} + \mathbf{n01}) = (\mathbf{Q41} + \mathbf{n41})] \quad 18.$$

dla pierwszej operacji wybijania form

Bilans dla wybitych odlewów;

$$\mathbf{Odl} [(\mathbf{G11} + \mathbf{n11}) + (\mathbf{G21} + \mathbf{n21}) = (\mathbf{G31} + \mathbf{n31}) - (\mathbf{G01} + \mathbf{n01}) = (\mathbf{G41} + \mathbf{n41})] \quad 19.$$

dla pierwszej operacji wybijania odlewów.

Bilans etapu 7 - przygotowanie masy używanej przeznaczonej do odświeżania ;

Dla odlewniczych form używanych przyjęto ,że usunięto zużytą część formy **-XF** a pozostała część w postaci używanej masy formierskiej **UM** jest równa różnicy **UZF - XZF** . i kierowana do odświeżania. Co można zapisać;

$$\mathbf{UZF} - \mathbf{XZF} = \mathbf{UM}$$

Bilans dla formy używanej **UZF**;

$$\mathbf{UZF}(\mathbf{Q11} + \mathbf{Q21} = \mathbf{Q31} - \mathbf{Q01} = \mathbf{Q41}) \quad 20.$$

$$\text{Bilans dla formy zużytej, ilość } \mathbf{XF} = \mathbf{XM} \text{ się ilości masy zużytej} \\ \mathbf{XM}(Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}) \quad 21.$$

$$\text{Bilans dla masy używanej -UM} \\ \mathbf{UM}(Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}) \quad 22.$$

Bilans etapu 8 dla masy odświeżanej;

Odświeżanie masy używanej polega na dozowaniu masy używanej **UM** i świeżych składników **M** do mieszarki i ich wymieszaniu..

Masa odświeżona **OM** = **UM**+ **M** jest przeznaczona formowania.

Dla pierwszej cyklu odświeżania.

$$\mathbf{UM}(Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}) + \mathbf{M}(Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}) = \\ \mathbf{OM}(Q_{11} + Q_{21} = Q_{31} - Q_{01} = Q_{41}) \quad 23.$$

Podsumowanie.

Zaproponowany bilans procesu produkcyjnego z konieczności ograniczył się do opisu głównych i uproszczonych operacji wykonania form i odlewów. Może i powinien obejmować wszystkie operacje i zabiegi z określeniem udziałowym masy materiałów. Wymaga to opracowanie szczegółowej technologii procesu. Na podstawie kart technologicznych poszczególnych operacji wykonywania form i odlewów można, co umożliwi opracowany bilans, za pomocą jednego symbolu np., **F**- forma, określić masę wszystkich materiałów zużytych do wykonania rozpatrywanej formy lub kilku form. Możliwość rejestrowania stanu produkcji na dowolnym etapie realizacji procesu pozwala na szybkim wykrywaniu niewydolności poszczególnych stanowisk i oddziałów pracy. Zaproponowany sposób rozliczania produkcji polegający na rejestrowaniu stanu posiadania materiałów i produktów wykonywanych na rozpatrywanym etapie informuje o bieżących zapasach materiałów co zabezpiecza ciągłość produkcji.

Niezależne pobieranie produktów wykonywanych lub materiałów użytych w poprzedzającym etapie do realizacji procesu w następnym etapie pozwala na ocenę gospodarowania nimi na danym etapie produkcji. Można to wyjaśnić następująco, mało ważnym jest ile wykonano masy formierskiej ale ile zużyto jej na wykonanie i ile wykonano z nich form, podobnie nie jest ważnym ile wykonano form, ale ważnym ile form zalano metalem itd.

Ogólne warunki zastosowania bilansu.

1. Analiza potrzeb stosowania bilansu, koszty materiałów, koszty magazynowania.
2. Opracować proces technologiczny wszystkich operacji pod względem wymogów technologicznych i zużycia materiałów .
3. Określić minimalną i konieczną ilość punktów kontrolnych w odpowiednim systemie sieci komputerowej.
4. Zainstalować urządzenia warzące w wybranych punktach procesu.
5. Przeszkolić załogę w zakresie obsługi systemu i przestrzegania parametrów opracowanej technologii.

Literatura.

1. I Dzwonnik Klasyfikacja materiałów formierskich i form odlewniczych. Wyd. WSI Zielona Góra 1996 s 90.rys.24

AKTUALNA SYTUACJA POLSKIEGO ODLEWNICTWA - PERSPEKTYWY

Prof. dr hab. inż. Józef Szczepan Suchy – Prezes Odlewniczej Izby Gospodarczej i Prezes Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich
mgr inż. Tadeusz Franaszek – Dyrektor Biura Odlewniczej Izby Gospodarczej i Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich

Aktualnej sytuacji polskiego odlewnictwa nie sposób przedstawić tylko z punktu widzenia jego wyników produkcyjnych. Sytuację tę charakteryzują również takie sprawy jak: stan techniczny majątku trwałego, poziom technologii, kadry, stan przygotowania do funkcjonowania w strukturach Unii Europejskiej oraz stan konsolidacji branży wokół reprezentujących ją organizacji branżowych, technicznych; i samorządowych.

Aby więc wypełnić treścią tytuł referatu, przedstawione zostaną kolejno omówienia wszystkich podanych wyżej spraw.

Sytuacja produkcyjna.

Bazując na informacjach zestawianych przez Instytut Odlewnictwa, opierając się na ankietach statystycznych z około 190 odlewni stopów żelaza, produkcja odlewów w Polsce w ostatnich dwóch latach przedstawiała się, jak następuje:

lata	produkcja odlewów w tysiącach ton								ogółem ton
	ze stopów żelaza w tym				z metali nieżelaznych				
	z żeliwa szarego i stopowego	z żeliwa ciągliwego	z żeliwa sferoidalnego	ze staliwa	ze stopów Cu	ze stopów Al	ze stopów Zn	pozostałe w tym stopy Mg	
1999	450	18,7	86,5	55	21	53,5	6,5	3	694200
2000	510	20,3	90,5	55,4	21 ^x	53,5 ^x	6,5 ^x	3 ^x	760200

x - wielkość produkcji z 1999 roku z uwagi na brak danych za rok 2000. Odlewnie metali nieżelaznych nie były objęte obowiązkiem przekazywania do IO informacji statystycznych.

Jak wynika z analizy powyższych danych, poziom produkcji odlewów ze stopów żelaza w 2000 r. był wyższy o 10,8% w stosunku do poziomu produkcji w 1999 r. Notując wzrost produkcji odlewów ze stopów żelaza, godnym podkreślenia jest fakt jej wzrostu we wszystkich grupach odlewów i tak : produkcja odlewów z żeliwa szarego i stopowego wzrosła o 13,3%, ciągliwego o 8,6%, sferoidalnego o 4,6% i staliwa o 0,7%.

Zjawisko to jest zbieżne z zanotowanym w 2000 roku wzrostem produkcji odlewów w państwach UE oraz USA i Japonii.

W zrealizowanej w 2000 roku produkcji odlewów ze stopów żelaza udział eksportu wynosił: w odlewniach z żeliwa szarego i stopowego 179.040 ton, tj. 35,1% w produkcji ogółem tego tworzywa, w odlewach z żeliwa ciągliwego 6660 ton, tj. 32,8% produkcji ogółem, w odlewach z żeliwa sferoidalnego 44080 ton, tj. 48,7% i w odlewach staliwnych 9860 ton, tj. 17,8%.

Dla wyprodukowania podanych uprzednio ilości odlewów ze stopów żelaza, odlewnie zużyły:

166850 ton surówki odlewniczej niestopowej, 23320 ton surówki przeróbczej niestopowej, 23870 ton innych surówek niestopowych, 166 ton surówki zwierciadlistej, 214,020 ton żeliwnego złomu kupnego, 282690 ton złomu staliwnego kupnego, 413840 ton złomu żeliwnego obiegowego, 55910 ton złomu staliwnego obiegowego, 10175 ton różnych dodatków stopowych, 19040 ton żelazostopów i 118970 ton koksu.

Analiza tych danych wskazuje na istnienie w naszych odlewniach możliwości zmniejszenia zużycia surówek, jako drogi do obniżki kosztów.

Wyniki produkcji odlewni stopów żelaza za 2000 rok dawałyby optymistyczną prognozę na rok 2001 pod warunkiem, że ustabilizowane zostałyby podstawowe parametry gospodarki takie jak: ceny energii, kursy walut oraz zmniejszone byłyby obciążenia fiskalne i zatory płatnicze, tworzone głównie przez nie do końca zrestrukturyzowane przedsiębiorstwa.

Wszystkie te elementy poważnie zachwiały ekonomiczną działalnością odlewni w I kwartale br., doprowadzając w wielu przypadkach do powstania bardzo trudnej sytuacji.

Umacnianie wartości złotówki kosztem zmniejszenia kursu walut przyniosło odlewniom eksportującym straty, które nie dają się w większości przypadków pokryć zwiększona produkcją. Dalsze utrzymywanie tych tendencji bez wyrównywania przez Państwo, poszkodowanym, poniesionych, niezawinionych przez nich strat, może być powodem kolejnych upadłości i to już dobrze funkcjonujących, zrestrukturyzowanych przedsiębiorstw.

Inwestycje.

Ważnymi czynnikami nowoczesnej działalności gospodarczej są sprawy stanu technicznego majątku trwałego oraz poziomu stosowanych technologii produkcji. Obydwa te czynniki nie są jeszcze w naszym odlewnictwie na najwyższym poziomie, bowiem przeżywały przynajmniej kilkuletni okres stagnacji. Ostatnie lata ożywiły je i zanotowano przeprowadzanie modernizacji wyposażenia, np. w odlewniach ORAS - Olesno, Alstom Power - Elbląg, MAHLE - Krotoszyn, OŻ Śrem SA., OŻ Zawiercie SA., WSK Rzeszów, Stalchemak Siedlce, Andoria - Andrychów, Polna II - Przemyśl, DEFKA - Dzierżoniów, Stalexport - Ostrowiec Świętokrzyski, Metalodlew - Kraków, EMA - Blachownia, Wulkan - Częstochowa, ZM Tarnów, Krakodlew - Kraków, CHOFUM - Chocianów, ZETKAMA - Jelenia Góra, Leszczyńska Fabryka Pomp, DAEWOO Lublin.

Inwestycje te miały różny zakres i w większości dotyczyły modernizacji gniazd i linii produkcyjnych (formiarnia, topialnia, regeneracja mas) a tylko w kilku przypadkach miały szerszy zakres obejmujący dwa lub kilka wydziałów odlewni (WULKAN, Polna II, EMA, Alstom Power, Metalodlew, Stalchemak, DAEWOO Lublin, Leszczyńska Fabryka Pomp). Ocena efektywności tych inwestycji nie jest sprawą łatwą, bowiem różne są warunki ich wykorzystania, które w wielu przypadkach zależą od właściciela odlewni, różne też są uwarunkowania zewnętrzne.

Generalnie jednak, należy stwierdzić, że nie wszystkie ze zrealizowanych w ostatnich latach inwestycji przynoszą użytkownikom spodziewane efekty. Często stały się one powodem poważnych kłopotów ekonomicznych.

Przyczyn tego stanu jest wiele. Wg autorów, główne to:

- brak lub niewłaściwe rozeznanie marketingowe rynków odbiorców odlewów,
- niedocenianie niezbędności określenia celu, do jakiego ma doprowadzić konkretna inwestycja,
- niewłaściwe wybory projektanta, doradcy, dostawcy, realizatora,

- niedocenywanie niezbędności szkolenia załogi dla eksploatacji i utrzymania na ruchu nowego wyposażenia,
- zmiany kadrowe w trakcie inwestycji lub uruchomienia.

Również w ostatnich latach wykorzystując możliwości intelektualne, wiedzę i doświadczenie polskich kadr naukowo-badawczych pracujących dla odlewnictwa w Instytucie Odlewnictwa, Wydziale Odlewnictwa AGH oraz w innych wyższych uczelniach, jak też finansowe wsparcie Komitetu Badań Naukowych, wprowadzono do praktyki odlewniczej w wielu odlewniach nowoczesne technologie, wśród których wymienić należy np.: sferoidyzację żeliwa, regenerację zużytych mas, nowoczesne systemy ochrony środowiska, produkcję odlewów z pełnych form, komputerowe systemy symulacji zalewania i krzepnięcia, komputerowe systemy przygotowywania technologii z szybkim wykonaniem modeli włącznie, impulsowe wykonywanie form piaskowych, produkcję żeliwa ADI, produkcję rur z żeliwa sferoidalnego, itp.

Wdrożenia te poprawiły znacznie poziom nowoczesności polskiego odlewnictwa i umożliwiły mu skuteczne działanie w eksporcie.

Kadry.

Istotnym elementem działalności są kadry, ich aktualny poziom kwalifikacji, funkcjonujący system szkoleń oraz organizacja stałego doskonalenia wiedzy.

Polskie odlewnictwo jest aktualnie stosunkowo w szczęśliwej sytuacji. Inżynierów i mgr inżynierów odlewników kształcą: Wydział Odlewnictwa AGH, Wydział Odlewnictwa i Spawalnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Szczecińskiej, Katedra Materiałoznawstwa Politechniki Opolskiej oraz Katedry Odlewnictwa Politechniki Śląskiej, Warszawskiej, Częstochowskiej i Łódzkiej.

Uczelnie te w 1999 r. ukończyły ogółem 38 inżynierów odlewników i 97 mgr inżynierów odlewników. Są to ilości, które plasują nas na pierwszym miejscu w Europie i stwarzają bardzo dobrą bazę kadrową dla nowoczesnej produkcji odlewniczej.

Zmiany systemu nauczania zachwiały jednak dotychczasową strukturą szkolenia techników odlewników oraz robotników wykwalifikowanych z tym, że; w nowym systemie; specjalizacje odlewnicze; zostały zachowane, co zapewni kadry również w tym zakresie.

Osobnym, ciągle jeszcze nie rozwiązany problem kadrowym jest ustawiczne doskonalenie wiedzy, które w państwach UE ma charakter obligatoryjny, obejmuje całe załogi i jest prowadzone nieprzerwanie. Wg ustaleń, jakich dokonała Rada Koordynacyjna Centrum Polskiego Odlewnictwa, organizatorem tego typu szkolenia jest Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich, w ramach którego powołano zespół do organizacyjnego przygotowania systemu. Nie jest wykluczone, że ciągłe szkolenia załóg w odlewniach rozpoczną się już w drugim półroczu br. Zamknęłoby to system szkolenia i doskonalenia wiedzy odlewników w jedną spójną całość, zgodną z wymogami UE i dającą uczestnikom na bieżąco wszystkie wymagane dokumenty

Stan organizacyjny.

Wejście Polski w roku 1990 na drogę rynkowych przemian gospodarczych dotyczyło również odlewnictwa.

W przeszłości było ono podporządkowane jednoznacznie zjednoczeniom oraz głównie dwóm ministerstwom przemysłu ciężkiego i przemysłu maszynowego.

Rozpoczęta restrukturyzacja gospodarki doprowadziła do zmian własnościowych, których stan na koniec 1998 roku przedstawiał się następująco:

Odlewni państwowych było 10%, spółdzielczych 4%, spółek akcyjnych (w tym Skarbu Państwa) 32%, spółek z o.o. 29%, spółek cywilnych 10% oraz przedsiębiorstw osób fizycznych 15%.

52% odlewni było niesamodzielnymi wydziałami zakładów pozostałe 48% stanowiły samodzielne przedsiębiorstwa. Stan ten ulega bardzo powolnym zmianom, których przyspieszenie wiąże się z koniecznością dokończenia działań restrukturyzacji własnościowej oraz zabezpieczenia środków na związaną z tym restrukturyzacją zatrudnienia.

Restrukturyzacja zatrudnienia jest również związana z koniecznością znacznego poprawienia konkurencyjności polskiego odlewnictwa na rynkach UE, hamuje bowiem możliwość osiągnięcia porównywalnych wydajności na zatrudnionego (aktualnie jest ona 2 - 4 razy niższa niż np. w Niemczech).

Sprawy dokończenia restrukturyzacji własnościowej odlewnictwa oraz restrukturyzacja zatrudnienia warunkują dalsze skuteczne przystosowywanie się tej branży do wymagań gospodarki rynkowej.

Przygotowywanie odlewnictwa do funkcjonowania w ramach UE.

Sprawa przygotowania branży odlewniczej do funkcjonowania w strukturach Unii Europejskiej, jest obok spraw restrukturyzacyjnych i modernizacyjnych najważniejszą do załatwienia w ciągu najbliższych 2 - 3 lat. Mając na uwadze powagę problemu - Odlewnicza Izba Gospodarcza i Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich od czterech lat prowadzą w tym kierunku określone działania. Doprowadziły one kolejno do:

- zainicjowania organizacji w Polsce Polskich Kongresów Odlewnictwa, które odbyły się pierwszy 25 - 28 września 1996 roku w Kielcach, drugi 15 - 16 października 1998 roku we Wrocławiu, trzeci 13 października 2000 roku w Warszawie.
- współdziałania w promocji i przekształceniu kieleckich Targów METAL w coroczne targi odlewnicze, których VII edycja odbędzie się w dniach 19 - 21.09.2001 roku;
- zainicjowanie powołania wyróżnienia odlewniczego Polska Odlewnia Kwalifikowana, które ma promować najlepsze polskie odlewnie;
- propagowanie niezbędności uzyskiwania przez odlewnie niezależnie od wielkości i statusu własnościowego certyfikatów z grupy ISO 9000 i 14000, jako niezbędnego dla partnerskiego działania na rynkach UE;
- zainicjowania organizacji Forum Dyrektorów Polskich Odlewni, na których omawiane są kluczowe problemy odlewnictwa. Ostatnie IV Forum odbyło się w dniach 12 - 14.05.2000 w Zakopanem i poświęcone było problematyce integracji polskiego odlewnictwa z UE. Z problematyką odlewnictwa europejskiego zapoznał uczestników Sekretarz Generalny Europejskiego Komitetu Stowarzyszeń Odlewni (CAEF) p. dr Klaus Urvat.
- przyjęcia Odlewniczej Izby Gospodarczej na członka zwyczajnego Europejskiego Komitetu Stowarzyszeń Odlewni (CAEF). Stworzyło to polskiemu odlewnictwu partnerską pozycję uczestnictwa we wszystkich działaniach tej prestiżowej, branżowej lobbystycznej organizacji unijnej zrzeszającej poza nami 15 państw Europy. Aktywne uczestniczenie rekomendowanych przez Odlewniczą Izbę Gospodarczą przedstawicieli polskich odlewni w Komisjach i Zespołach Branżowych CAEF daje nam możliwość wpływania na wszystkie znaczące decyzje Komisji Europejskiej, które dotyczą odlewnictwa. Poza tym działalność polskich odlewni na rynkach państw UE jest uznana

jako działalność przedsiębiorstw z państwa członkowskiego, mimo, że Polska nie jest jeszcze członkiem UE.

- zainicjowanie i powołanie z dniem 01.08.2000 roku Centrum Polskiego Odlewnictwa dla skuteczniejszego współdziałania konsolidującego całą branżę,
- zainicjowanie i przygotowywanie do wdrożenia systemu ustawicznego szkolenia całych załóg odlewniczych.

Konsolidacja branży.

Podjęte przez członków oddziału łódzkiego i radomskiego Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich w 1993 r. inicjatywy organizacji samorządu gospodarczego branży odlewniczej znalazły szerokie poparcie Zarządu Głównego STOP i doprowadziły do powołania w jesieni 1994 roku Odlewniczej Izby Gospodarczej. OIG; ma; zasięg ogólnopolski i aktualnie zrzesza 94 członków - odlewni i przedsiębiorstw pracujących dla odlewnictwa.

Podstawowym celem OIG jest zrzeszenie wszystkich odlewni i reprezentowanie ich interesów gospodarczych wobec władz administracyjnych i gospodarczych Polski i zagranicy.

Stworzone ramy organizacyjne konsolidacji branży (OIG, STOP) są w pełni zbieżne ze strukturami organizacyjnymi odlewnictwa, jakie działają we wszystkich krajach UE oraz USA.

Niestety, zrozumienie potrzeby konsolidacji odlewnictwa; jest ciągle zbyt małe. Zmniejsza się rola kół zakładowych; Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich w odlewniach i zakładach współpracujących z odlewnictwem, minimalne jest wykorzystywanie niezależnych rzeczoznawców STOP i OIG do analiz i opiniowania różnego rodzaju przedsięwzięć technicznych i organizacyjnych przygotowywanych w odlewniach, mały jest udział odlewników - praktyków w tworzeniu informacji o polskim odlewnictwie, jakie w większej ilości powinny ukazywać się w Przeglądzie Odlewnictwa, małe jest czytelnictwo tego liczącego się już w świecie naszego branżowego miesięcznika.

Nie wykorzystujemy w pełni możliwości wpływania poprzez CAEF na legislacyjne i inne działania prowadzone przez Komisję Europejską a dotyczące odlewnictwa.

Powszechne zrozumienie potrzeby konsolidacji branży i potwierdzenie tego powszechnym członkostwem w Odlewniczej Izbie Gospodarczej i aktywne wspieranie struktur organizacyjnych Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich daje naszemu odlewnictwu szansę przerwania zakłętą koła niemożności i partnerskiego uczestniczenia w globalizującej się gospodarce światowej.

Perspektywy.

Reasumując skrótowo opisane ważniejsze obszary działalności, które tworzą aktualną sytuację polskiego odlewnictwa, stwierdzić należy, co następuje:

- Polskie odlewnictwo jest kadrowo i organizacyjnie przygotowane do zwiększenia wysokojakościowej produkcji odlewów,
- Polskie odlewnictwo posiada stworzone przez siebie struktury i organizacje, które umożliwiają mu partnerskie działanie w zjednoczonej Europie. Wg stanu na koniec 1999 r. na 16 państw - członków CAEF,
 - w produkcji żeliwa szarego i stopowego zajmowaliśmy 5 miejsce z produkcją 450 tys. ton w odniesieniu do 6.270.500 ton produkcji ogółem,
 - w produkcji staliwa zajmowaliśmy 5 miejsce z produkcją 55 tys. ton w odniesieniu do 596600 ton produkcji ogółem,
 - w produkcji żeliwa ciągliwego zajmowaliśmy 3 miejsce z produkcją 18,7 tys. ton w odniesieniu do 122200 ton produkcji ogółem,

- w produkcji żeliwa sferoidalnego zajmowaliśmy 7 miejsce z produkcją 86,5 tys. ton w odniesieniu do 3.707.300 ton produkcji ogółem.

Aby pozycje te utrzymać i dążyć do ich poprawienia, trzeba wykorzystać stworzone przez branżowe organizacje odlewnicze warunki, zaktywizować wszystkich pracujących w branży i doprowadzić do pełnego jej zintegrowania.

Wykorzystanie tych warunków zależne głównie od nas - odlewników, stworzy możliwość nie tylko utrzymania produkcji odlewniczej w Polsce na dotychczasowym poziomie ale daje dużą szansę otrzymania nowych zamówień, których realność jest potwierdzona prognozami opracowywanymi przez międzynarodowe organizacje branżowe państw wysokorozwiniętych, wg których najbliższe lata przyniosą znaczące zwiększenie zapotrzebowania na odlewy, nie tylko z metali nieżelaznych ale również ze stopów żelaza.

Oddzielnym zagadnieniem jest sprawa zwiększania zapotrzebowania na odlewy przez przemysł krajowy. Sprawa ta jednak leży poza możliwościami wpływu odlewników i ich organizacji branżowych, bowiem zależy od generalnej polityki gospodarczej państwa, która jak na razie, nie została wyraźnie sformułowana.

Literatura:

- dane statystyczne Instytutu Odlewnictwa,
- Memorandum „Miejsce i znaczenie Polskiego Przemysłu Odlewniczego oraz jego rola w gospodarce narodowej”.

ENERGOCHŁONNOŚĆ STRUMIENIOWYCH MASZYN FORMIERSKICH

dr inż. Krzysztof Smyksy

Wydział Odlewnictwa, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Streszczenie.

W referacie przedstawiono problematykę energochłonności strumieniowych maszyn formierskich. Zaprezentowano dane prospektowe, wyniki badań oraz obliczeń parametrów niezbędnych do oszacowania energochłonności formierek strumieniowych. Zwrócono uwagę na konstrukcyjne i technologiczne czynniki sprzyjające zmniejszeniu energochłonności procesu formowania. Wyeksponowano techniczno-ekonomiczne aspekty zagadnienia.

Wstęp.

Do określenia maszyn formierskich zagęszczających masę bezpośrednim oddziaływaniem strumienia sprężonego powietrza z ewentualnym dalszym doprasowaniem stosowane jest nadal bardzo zróżnicowane nazewnictwo: impulsowe, impulsowo-prasujące realizujące proces Seiatsu, strumieniowe z doprasowaniem, strumieniowo-prasujące, podciśnieniowo-prasujące itp. Do grupy maszyn strumieniowych można również zaliczyć formierki w których zachodzi transport masy do przestrzeni technologicznej (np. strzelarko-prasy). Problemy związane z klasyfikacją rosną ze względu na wprowadzanie do praktyki nowych odmian formierek- na przykład serii GFD ComPac firmy Disa Georg Fisher mogące realizować połączenia wariantów procesu strumieniowego o zróżnicowanej szybkości narastania ciśnienia w przestrzeni technologicznej oraz prasowania. Granica pomiędzy procesem strumieniowym typu Seiatsu a impulsowym nie jest ściśle określona. Należy dodać, że wprowadzenie stosunkowo niewielkich zmian w systemie sterowania zespołu zaworowego maszyny impulsowej (z doprasowaniem) może ją przekształcić w maszynę realizującą zagęszczanie bliskie procesowi Seiatsu (strumieniowy z doprasowaniem). W artykule skoncentrowano się na powyższych dwóch odmianach maszyn strumieniowych.

Wśród różnorodnych formierek, maszyny strumieniowe zajmują obecnie znaczącą pozycję [5,9,16]. Liczni producenci oferują je w szerokim zakresie wielkości, o zróżnicowanym stopniu mechanizacji, z różnorodnymi odmianami procesu strumieniowego oraz formowania strumieniowego z doprasowaniem. Podstawowym kryterium oceny maszyn formierskich są szeroko rozumiane technologiczne efekty zagęszczania. Energochłonność można rozpatrywać jako kryterium pomocnicze ułatwiające wybór maszyny z grupy formierek o podobnych możliwościach technologicznych. Jej wartość może być również uwzględniana jako jedno z kryteriów optymalizacji parametrów pracy konkretnej maszyny. Czynnikiem ten jest ważny również z punktu widzenia ekologii oraz kosztów eksploatacji maszyny. W przypadku procesów zachodzących w formierkach strumieniowych może występować również związek pomiędzy energochłonnością a poziomem emisji hałasu.

Energetyczne aspekty zagęszczania masy formierskiej.

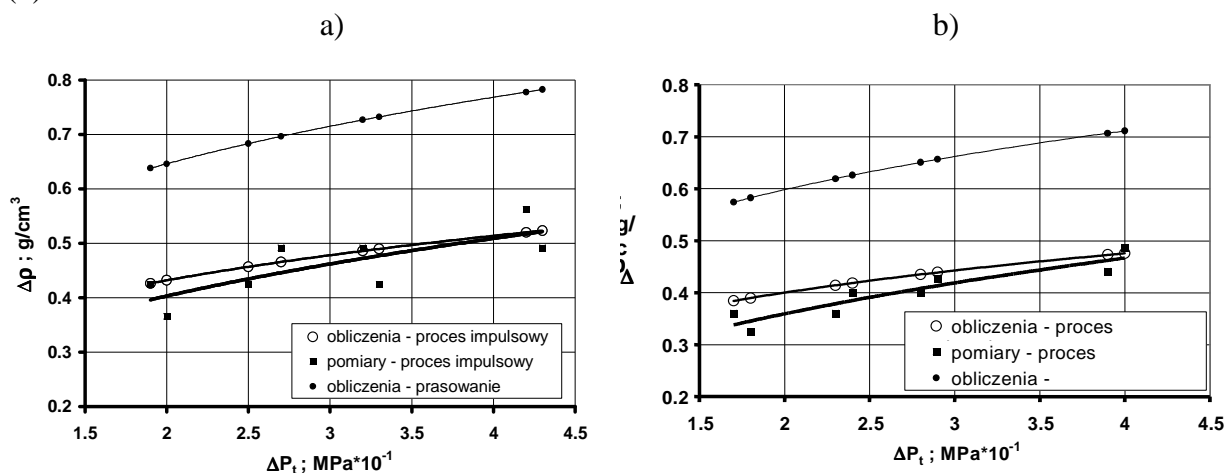
Określenie nakładów energetycznych związanych z zagęszczeniem masy formierskiej w różnych metodach formowania jest trudne i dotychczas nie zostało jednoznacznie rozwiązane [6,8,17]. Brak jest jednoznacznych poglądów na temat wpływu prędkości odkształcania masy na uzyskiwane efekty zagęszczania. Według jednych autorów [2,6] wzrost prędkości odkształcania masy powoduje poprawę zagęszczenia (zjawiska tiksotropowe, zmniejszenie lepkości masy, tarcia itd.), według innych [1,8] efekt jest odwrotny. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wyniki przeprowadzonych przez autora referatu badań jednostopniowego formowania impulsowego zestawione z wynikami obliczeń zagęszczania według znanych równań empirycznych Aksjonowa (dla statycznego prasowania w zakresie nacisków prasujących do 0,4 MPa) oraz dla równania z poprawką Sałtykowa [1]. Przekształcenie omawianych równań prowadzi do równania:

$$\Delta\rho = \rho_k - \rho_0 = 0.682 \cdot H_0^{-0.19} \cdot (k \cdot p)^{0.25} \quad (1)$$

gdzie:

ρ_0 - gęstość początkowa; g/cm^3 , ρ_k - średnia gęstość końcowa; g/cm^3 , H_0 - wysokość początkowa warstwy masy, p - naciski prasujące; MPa, k - współczynnik poprawkowy uwzględniający szybkość wzrostu naprężeń ściskających (przy szybkościach narastania naprężeń rzędu milisekund $k \approx 0,2$).

Przyjęcie współczynnika $k < 1$ prowadzi do zmniejszenia przyrostu gęstości pomimo tej samej wartości nacisków. Z rysunku 1 wynika dobra zgodność pomiarów z wynikami obliczeń (1).

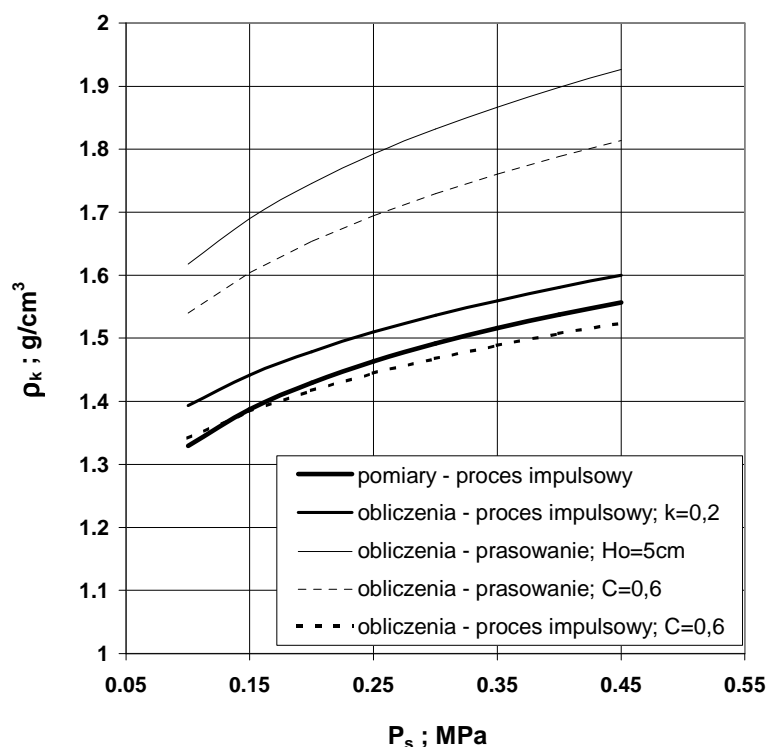


Rys. 1. Zależności przyrostu średniej gęstości form - $\Delta\rho$ od maksymalnej wartości ciśnienia - ΔP_t przy formowaniu impulsowym: a) wysokość początkowa warstwy masy $H_0 = 160$ mm, $\rho_0 \approx 0.94$, b) wysokość początkowa warstwy masy $H_0 = 240$ mm, $\rho_0 \approx 0.97$. Obliczenia wykonane według równania (1) przy $k=0,2$ dla formowania impulsowego oraz $k=1$ dla statycznego prasowania.

Równanie (1) dotyczy wartości średniej gęstości dla całej formy. W procesie impulsowym występuje jednak filtracja powietrza w głąb warstw masy - efektywne ciśnienie powietrza nad masą powodujące jej zagęszczenie różni się od wartości ΔP_t (rys.1). Na rysunkach 2, 3 przedstawiono wyniki pomiarów zagęszczenia impulsowego w warstwie masy o niewielkiej wysokości. Stosowano technikę pomiarów dynamicznych według metodyki opracowanej przez

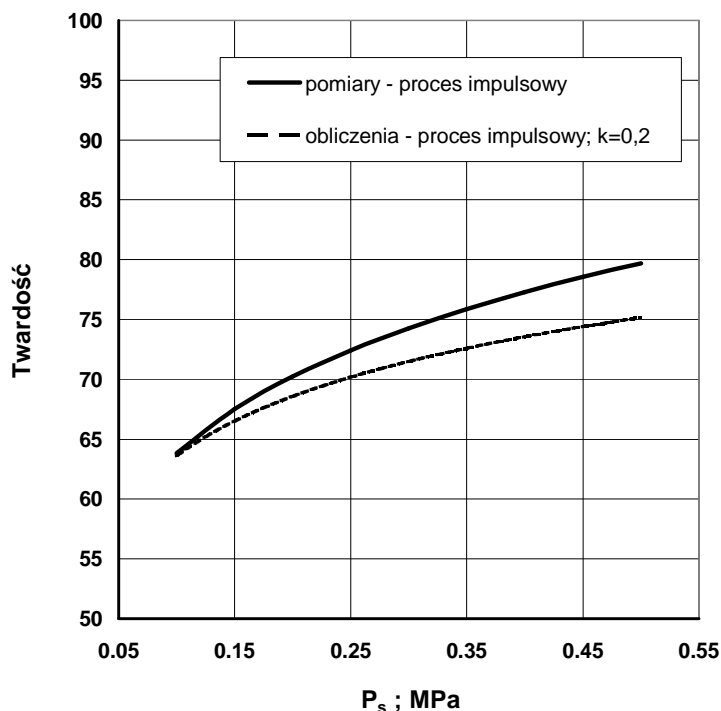
autora [10,14], z wykorzystaniem oryginalnych czujników nacisków składających się z czujników ciśnienia, komory pośredniej (wypełnionej cieczą roboczą) oraz membrany separującej, a także czujników ciśnienia wyposażonych w perforowaną membranę- umożliwiającą pomiar ciśnienia powietrza w masie [13]. Występujące na rysunku 2 naciski P_s są zmierzonymi naciskami skutecznymi powodującymi zagęszczanie masy. Na rysunku 2 widoczna jest również większa zgodność doświadczeń z wynikami obliczeń uwzględniającymi zmniejszenie efektów zagęszczania przy działaniu dynamicznym. Co potwierdzałoby poglądy reprezentowane przez drugą grupę badaczy [m. in.1,8]

Odrębnym zagadnieniem jest efekt zagęszczania uzyskany w rejonie płyty modelowej - lepszy w przypadku zwiększenia dynamiki zagęszczania impulsowego- wynikający z zamiany energii kinetycznej przemieszczających się ze znaczną prędkością warstw masy na pracę



Rys. 2. Zależności średniej gęstości warstwy masy zagęszczonej impulsowo - ρ_k od maksymalnej wartości nacisków skutecznych - P_s ; wysokość warstwy masy $H_k = 50$ mm. Obliczenia wykonane według równania (1) przy $k=0,2$ dla formowania impulsowego oraz $k=1$ dla statycznego prasowania oraz według równania Aksjonowa: $\rho_k = \rho_o + C(kp)^{0,25}$, $C=const.$ - współczynnik zagęszczenia masy.

zagęszczenia. Prowadzi to do uzyskiwania wyższych wartości nacisków skutecznych P_s w określonych obszarach formy niż wartość maksymalnego nadciśnienia ΔP_t w przestrzeni nad masą - uzyskuje się tym samym lepsze zagęszczenie w tych obszarach. Jest to szczególnie ważne przy stosowaniu złożonych modeli - wykonanie form metodą prasowania byłoby wówczas bardzo trudne, o ile w ogóle możliwe. Przy odpowiednim doborze parametrów możliwe jest wykonanie form metodami strumieniowymi nawet w przypadku szczelin modelowych o bardzo dużej smukłości [7,14]. Uzyskanie korzystnego rozkładu zagęszczenia wiąże się jednak ze zwiększonymi nakładami energetycznymi.



Rys. 3. Zależności średniej twardości dolnej warstwy masy zagęszczonej impulsowo - T od maksymalnej wartości nacisków skutecznych - P_s : wysokość warstwy masy $H_k = 50$ mm. Obliczenia wykonane według równania (1) przy $k=0,2$ oraz równania uwzględniającego empiryczną zależność $T=f(\rho)$ dla stosowanej masy. Twardościomierze T_C , T_A - IO Kraków.

Energochłonność procesu zagęszczania strumieniowego.

Proces impulsowy.

Zapotrzebowanie sprężonego powietrza w klasycznym procesie impulsowym jest funkcją objętości przestrzeni technologicznej i osiąganego w niej wartości maksymalnego ciśnienia. Analityczny opis przepływu powietrza z głowicy impulsowej do przestrzeni technologicznej jest trudny z uwagi na towarzyszące nieodwracalne procesy - fale uderzeniowe, tarcie itp. [3,11]. Zdaniem autora przy średniociśnieniowej metodzie impulsowej wymienione efekty mają znaczenie drugorzędne. Traktując zespół głowica - przestrzeń technologiczna jako zamknięty, izolowany cieplnie układ, obliczono wartość ciśnienia- P_t , jaka ustali się w przestrzeni technologicznej po zakończeniu przepływu (i ustaleniu równowagi termicznej w układzie):

$$P_t = \frac{P_z \cdot K_v + P_a}{K_v + 1} \quad (2)$$

V_z , V_t - objętość odpowiednio: głowicy impulsowej i przestrzeni technologicznej,

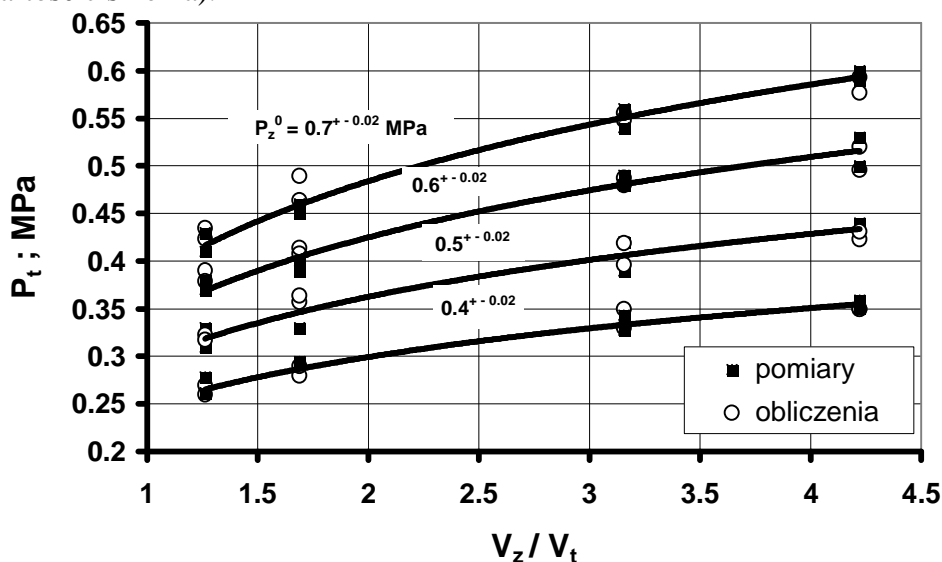
$K_v = V_z / V_t$ - stosunek powyższych objętości,

P_z , P_t , P_a - ciśnienie absolutne odpowiednio: w głowicy impulsowej (początkowe), przestrzeni technologicznej (końcowe) oraz atmosferyczne.

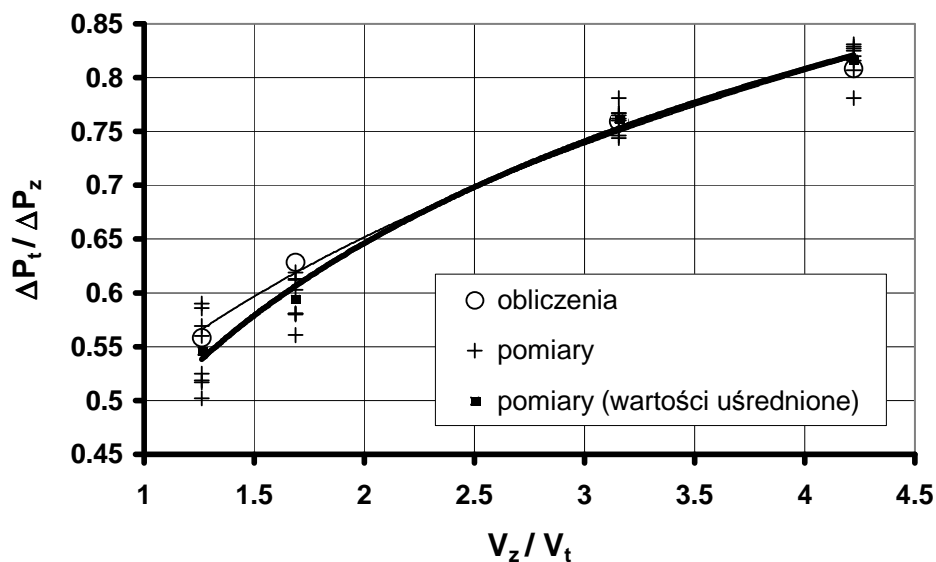
Maksymalne ciśnienie w przestrzeni technologicznej jest funkcją ciśnienia wyjściowego oraz objętości głowicy impulsowej i przestrzeni technologicznej. Po przekształceniach można otrzymać uogólnioną postać równania (2) zapisaną równaniem (3).

$$\frac{P_t - P_a}{P_z - P_a} = \frac{\Delta P_t}{\Delta P_z} = \frac{K_v}{K_v + 1} \quad (3)$$

Na rysunku 4 zestawiono wyniki obliczeń (2) i pomiarów przeprowadzonych badań procesu przepływu powietrza w maszynie impulsowej. Na rysunku 5 te same dane w formie uogólnionej porównano z wynikami obliczeń według równania (3). Widoczna jest dobra zgodność eksperymentu z obliczeniami. Większe odchylenia na początkowym odcinku krzywej z rysunku 4 można wytłumaczyć większym wpływem błędu pomiarów przeprowadzonych w tym zakresie (mniejsza wartość ciśnienia).



Rys. 4. Zależności pomiędzy wartością maksymalnego ciśnienia w przestrzeni technologicznej (bez masy formierskiej) - P_t a stosunkiem objętości głowicy impulsowej do objętości przestrzeni technologicznej - V_z/V_t , przy różnych wartościach ciśnienia początkowego w głowicy impulsowej - P_z . Obliczenia wykonane według równania (2).



Rys. 5. Zależności stosunku maksymalnego nadciśnienia w przestrzeni technologicznej do nadciśnienia w głowicy impulsowej $\Delta p_t/\Delta p_z$. Obliczenia wykonane według równania (4).

W badanych układach związek pomiędzy wartościami ciśnienia maksymalnego osiąganego w przestrzeni technologicznej i wypełnionej masą jest bardzo dobrze określony empirycznym równaniem (5).

$$P_t^m = 1,033 \cdot P_t^{bm} \quad (5)$$

P_t^m, P_t^{bm} - ciśnienie maksymalne w przestrzeni technologicznej odpowiednio: wypełnionej masą formierską i pustej.

Odpowiada ono określonym proporcjom pomiędzy objętością masy formierskiej do całkowitej objętości przestrzeni technologicznej (obejmującej dodatkowo objętość ramki nadmiarowej i występującą zwykle objętość przestrzeni rozprężania). Znając objętość przestrzeni technologicznej, panujące w niej ciśnienie oraz objętość masy formierskiej można z łatwością - po sprowadzeniu do warunków normalnych, obliczyć zapotrzebowanie powietrza w cyklu zagęszczania lub zapotrzebowanie jednostkowe- Z_j w nm^3/kg (odniesione do jednego kilograma zagęszczanej w danych warunkach masy formierskiej):

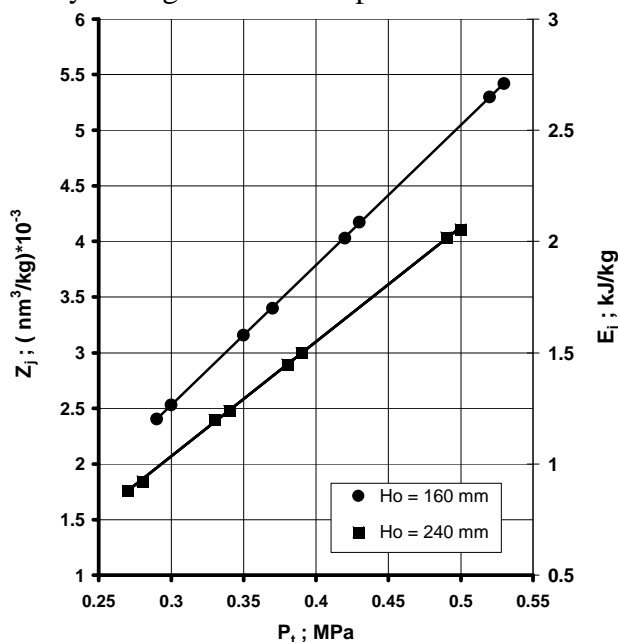
$$Z_j = \frac{P_t \cdot (V_t - V_m)}{0,1 \cdot m} \quad (6)$$

gdzie m - oznacza masę masy formierskiej w kg, V_m jej rzeczywistą objętość a P_t - ciśnienie w przestrzeni technologicznej w MPa.

Ponieważ w układach rzeczywistych występują zwykle pewne nieszczelności można określać wartość P_t bez uwzględniania obecności masy w przestrzeni i obliczać zapotrzebowanie powietrza w cyklu z pewnym zapasem. Znając wskaźnik związany z nakładami energetycznymi związanymi ze sprężeniem jednostki objętości powietrza - e (kJ/nm^3), można obliczyć energochłonność właściwą procesu zagęszczania strumieniowego- E_j (kJ/kg):

$$E_j = Z_j \cdot e = \frac{\Delta P_t \cdot (V_t - V_m)}{0,1 \cdot m} \cdot e \quad (7)$$

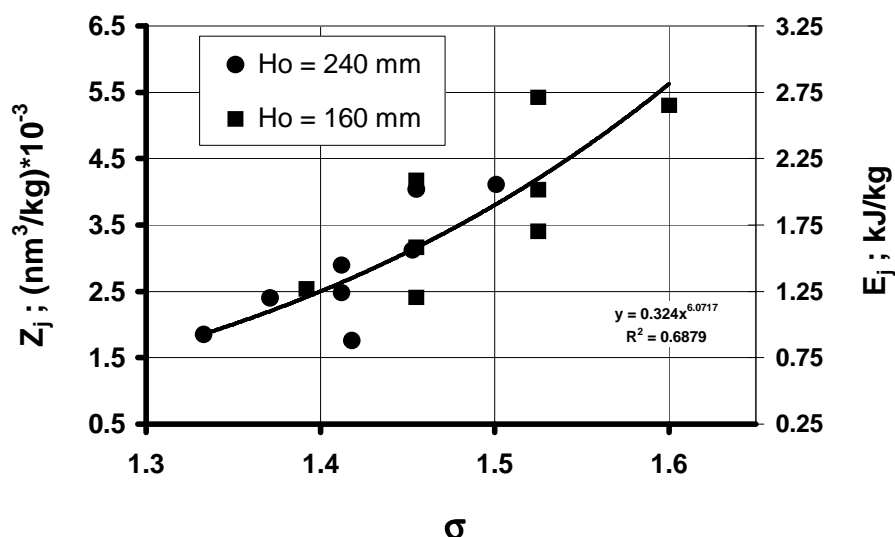
Na rysunku 6 przedstawiono zależność jednostkowego zapotrzebowania powietrza oraz energochłonności właściwej- wyrażonej w nm^3 na 1 kg zagęszczanej masy formierskiej od maksymalnego ciśnienia w procesie formowania impulsowego.



Rys. 6. Zależności pomiędzy zapotrzebowaniem jednostkowym Z_j i energochłonnością właściwą procesu zagęszczania impulsowego - E_j a maksymalną wartością ciśnienia w przestrzeni

technologicznej - P_t , przy różnych wartościach początkowej wysokości zagęszczanej masy formierskiej H_0 . Przyjęto wartość $e=500 \text{ kJ/nm}^3$.

Jak wynika z rysunku 6, w rzeczywistym procesie impulsowym, Z_j , E_j jest oczywiście liniową funkcją ciśnienia P_t - relacje $V_z/(V_t - V_m)$ były w przybliżeniu stałe. Różnice w powyższych wartościach osiągnięte dla różnych wysokości warstwy masy wynikają z różnej gęstości początkowej oraz innej relacji pomiędzy objętością skrzyni formierskiej z nadstawką a objętością przestrzeni dodatkowej (w doświadczeniach przestrzeń rozprężania była stała). Dane z wykresu dotyczą impulsowego zagęszczania syntetycznej masy bentonitowej ($R_c^w = 0,09 \text{ MPa}$) o dwóch wysokościach początkowej warstwy masy: 160 i 240 mm. W badaniach zmieniano wartość ciśnienia wyjściowego w głowicy: 0,4 i 0,6 MPa, stosunek powierzchni przelotowej zaworu do powierzchni skrzyni formierskiej w świetle: 0,1 i 0,2, stosunek objętości głowicy impulsowej do objętości przestrzeni technologicznej: od 1,26 do 4,22. Zmiana powyższych parametrów powodowała zmiany wartości maksymalnego ciśnienia osiąganego w przestrzeni technologicznej: od 0,27 do 0,53 MPa oraz zmianę dynamiki procesu wyrażoną szybkością narastania ciśnienia: od 23 do 76 MPa/s. Na rysunku 7 przedstawiono zbiorcze wyniki badań w układzie jednostkowe zapotrzebowanie Z_j , energochłonność właściwa E_j - średni stopień zagęszczenia σ .



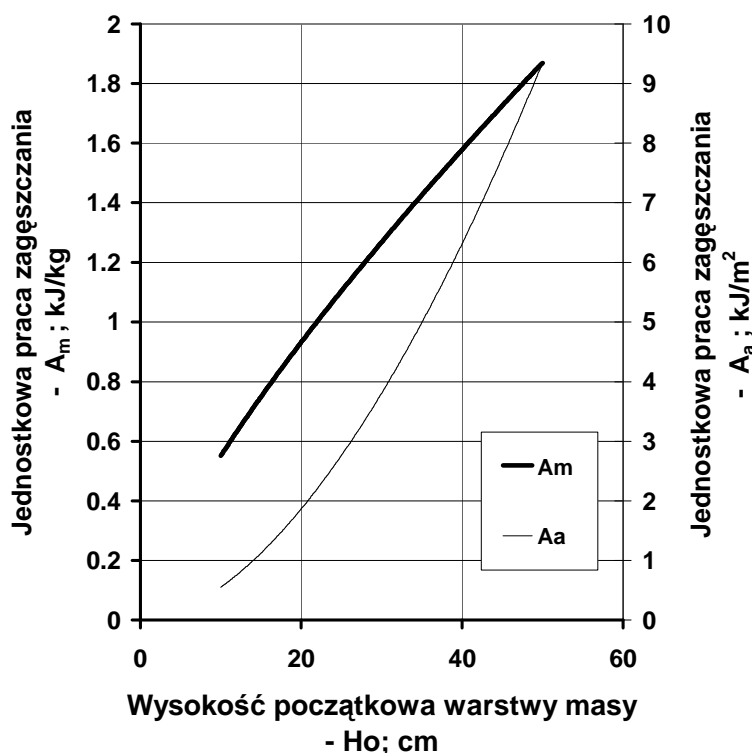
Rys. 7. Zależności pomiędzy zapotrzebowaniem jednostkowym sprężonego powietrza Z_j i energochłonnością właściwą procesu zagęszczania impulsowego - E_j a średnim stopniem zagęszczenia form - σ . Wartość $e=500 \text{ kJ/nm}^3$.

Wyniki przedstawione na rysunku 7 dotyczą co prawda procesu formowania impulsowego prowadzonego w zróżnicowanych warunkach (zmiennosc parametrów) ale na jednej formierce. Ich analiza pozwala stwierdzić, że tę samą średnią wartość stopnia zagęszczenia można osiągnąć przy znacząco różnych nakładach energetycznych. Istnieje więc możliwość odpowiedniego doboru parametrów pracy maszyny z punktu widzenia energochłonności. Przebieg linii trendu wskazuje oczywisty wzrost energochłonności ze zwiększeniem stopnia zagęszczenia. Uzupełnienie wyników badań pozwoli na pogłębioną analizę wpływu poszczególnych parametrów procesu na energochłonność; ze zwróceniem uwagi na uzyskiwane rozkłady gęstości.

Na podstawie przedstawionych wyników badań można też dojść do wniosku, że pracę tej samej formierki impulsowej można scharakteryzować różnymi wartościami energochłonności. Związane to jest z możliwą zmianą parametrów pracy maszyny (np. ciśnienia wyjściowego) czy też parametrów technologicznych (np. zmiana skrzyń formierskich, nadstawki, rodzaju masy itp.)

Proces strumieniowy z doprasowaniem.

Na podstawie szerokiego przeglądu literatury dotyczącego formowania strumieniowego ($\Delta p_v/\Delta t$ rzędu kilku MPa/s) oraz badań własnych można stwierdzić, że przedstawiona powyżej metodyka może służyć również do oszacowania energochłonności maszyn realizujących ten proces. Ze względu jednak na obecność odpowietrzeń - wyniki należy traktować jako oszacowanie od dołu. Praca maszyny strumieniowej może być traktowana jako praca formierki impulsowej z nieszczelnościami. Co oczywiście przy tych samych wielkościach przestrzeni technologicznych oraz osiąganych w nich wartościach ciśnienia musi prowadzić do zwiększonych nakładów energetycznych w przypadku procesu strumieniowego. Zwykle w procesie strumieniowym wpływ wielkości odpowietrzeń na fazę napełniania jest stosunkowo niewielki. Świadczą o tym między innymi przebiegi czasowe ciśnienia nad masą. Nieuzasadnione wydłużenie czasu otwarcia zaworu strumieniowego może prowadzić natomiast do drastycznego wzrostu zapotrzebowania powietrza w tym procesie.



Rys. 8. Zależności pomiędzy jednostkową pracą zagęszczenia statycznym prasowaniem - A_m, A_a a wysokością początkową warstwy masy - H_o . Model Aksjonowa, :
 $\rho_0 = 1 \text{ g/cm}^3$, $\rho_k = 1,6 \text{ g/cm}^3$.

Rozkłady zagęszczenia uzyskiwane w procesie strumieniowym świadczą, że w porównaniu do procesu impulsowego średnia gęstość formy uzyskiwana w pierwszym etapie zagęszczenia jest znacząco niższa. Należy więc oczekiwać większych wartości energochłonności właściwej. Aktualna jest więc wcześniejsza uwaga, że uzyskanie korzystnego rozkładu zagęszczenia wiąże się ze zwiększonymi nakładami energetycznymi.

W celu osiągnięcia tego samego średniego stopnia zagęszczenia należy zwiększyć naciski prasujące w drugim etapie zagęszczenia; w porównaniu do procesu impulsowego z doprasowaniem.

Określenie nakładów związanych z doprasowaniem wymaga poza szczegółowym określeniem warunków zagęszczenia znajomości parametrów układu napędowego (z reguły

hydraulicznego) oraz cyklogramu pracy podstawowych zespołów maszyny. Podanie jedynie mocy napędu jest niewystarczające. W celu orientacyjnego ustalenia jakich wartości można się spodziewać opracowano wykres (rys. 8) obrazujący wyniki przykładowych obliczeń jednostkowej pracy zagęszczania. Bazuje on również na modelu Aksjonowa; wyniki są porównywalne z danymi innych autorów. Oczywiście po uwzględnieniu współczynników sprawności układu napędowego nakłady będą wyższe.

Wskaźniki charakteryzujące energochłonność maszyn strumieniowych.

W danych źródłowych można spotkać bardzo zróżnicowane wartości wskaźników charakteryzujących energochłonność maszyn. Przykładowo stosowane są wskaźniki określające zapotrzebowanie sprężonego powietrza na jeden cykl formowania, zapotrzebowanie sprężonego powietrza odniesione do objętości masy zagęszczonej lub nie zagęszczonej, zapotrzebowanie ekwiwalentnej energii elektrycznej niezbędnej do sprężenia określonej objętości powietrza odniesionej do kilograma zagęszczonej masy [17]. Sprawdzając cytowane wartości powyższych wskaźników do stosowanego w artykule wymiaru energochłonności- nm^3/kg otrzymuje się szeroki zakres zapotrzebowania sprężonego powietrza : od $2,2 \times 10^{-3}$ do $10 \times 10^{-3} \text{ nm}^3/\text{kg}$. W szerokim zakresie mieszczą się również wartości zapotrzebowania sprężonego powietrza podawane dla formierek impulsowych opracowanych w kraju 0,18 do 0,75 nm^3/cykl pracy [5]. Wartości te można wprost porównywać odnoszą się bowiem do maszyn w których stosowane są skrzynie 600 x 500 mm Dla porównania zapotrzebowanie sprężonego powietrza przez formierkę FKT-65A wynosi 0,85 nm^3/cykl pracy. Do cytowanych danych dotyczących formierek impulsowych należy podchodzić z dużą ostrożnością. Szacunkowe obliczenia według przedstawionej powyżej metodyki dowodzą, że wartości z dolnego zakresu mogą być osiągnięte jedynie przy bardzo niskich wartościach ciśnienia maksymalnego w przestrzeni technologicznej. Ponadto podawane wartości w przypadku maszyn pneumatycznych powinny uwzględniać zapotrzebowanie powietrza przez napędy pomocnicze (oddzielania modelu, zespołu docisku itp.). W stosunku do zapotrzebowania powietrza w procesie zagęszczania nie są to wartości duże, powinny być jednak w ogólnym bilansie uwzględniane. Istnieją z pewnością możliwości ograniczenia energochłonności maszyn impulsowych. Podawane wskaźniki dla formierek strumieniowych z doprasowaniem (proces Seiatsu) - np. 0,2 nm^3/cykl pracy dla formierki o skrzyniach 600 x 500, czy 0,7 nm^3/cykl pracy dla skrzyń 1000 x 800 są zdaniem autora możliwe do osiągnięcia jedynie w specyficznych warunkach (np. niska wartość ciśnienia maksymalnego). Duże wartości średniego stopnia zagęszczania uzyskiwane są w tych maszynach dzięki wysokim naciskom prasowania- co wiąże się z odpowiednią mocą układu napędowego.

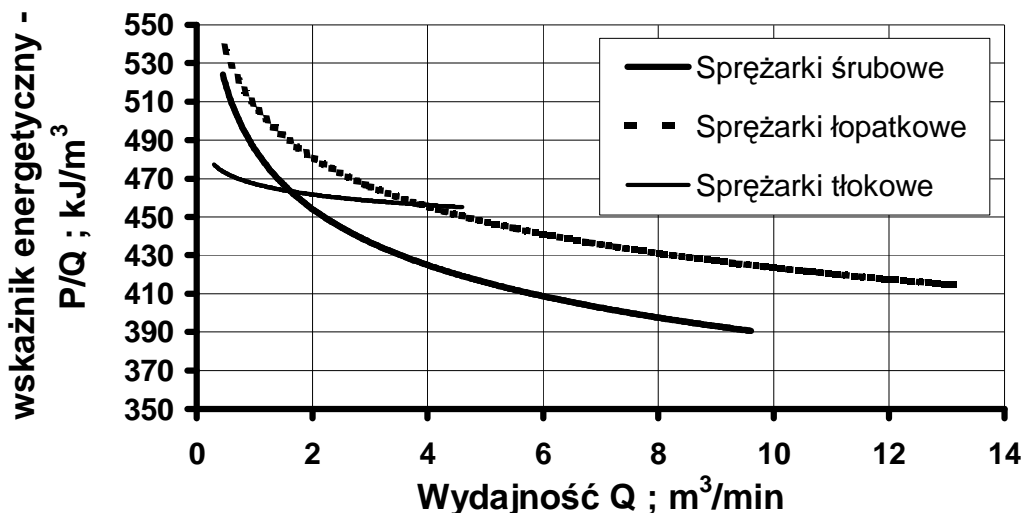
Z punktu widzenia konstrukcji zaworów strumieniowych podstawową sprawą jest zapewnienie odcięcia głowicy impulsowej (zbiornika wyrównawczego) od przestrzeni technologicznej po procesie zagęszczania. Praca maszyny z całkowitym opróżnieniem głowicy z uwagi na dynamikę przebiegu procesu impulsowego jest nieuzasadniona. W świetle przedstawionych wyników badań podstawową sprawą jest prawidłowy dobór objętości głowicy impulsowej, objętości rozprężania oraz stosowanego ciśnienia roboczego- wielkości wpływających istotnie na energochłonność procesu. Wielkość ramki nadmiarowej uwarunkowana jest z reguły względami technologicznymi, jednak istnieją maszyny impulsowe w których nadmiar masy po procesie zagęszczania jest ścinany. Stwarza to oczywiście dodatkową możliwość wyboru początkowej wysokości warstwy masy (w określonych granicach) co wpływa na uzyskane efekty formowania a także na energochłonność procesu. Wśród czynników technologicznych istotnie wpływających na efekty formowania strumieniowego wymienić należy gęstość pozorną masy przed procesem formowania [15]. Odpowiednie spulchnienie masy poprawia zagęszczenie [2,15], stosując niższe wartości ciśnienia wyjściowego

można zmniejszyć energochłonność procesu zagęszczania bez pogorszenia efektów technologicznych. Jak zaznaczono na wstępie poglądy na temat wpływu innych właściwości masy formierskiej na efekty zagęszczania impulsowego i energochłonność procesu są często rozbieżne.

Oferowane maszyny impulsowe pracujące w oparciu o system dwustopniowego formowania impulsowego są wyposażone w podwójne zespoły zaworowe. Stosowanie otworów odpowietrzających w płytach modelowych oraz wydłużony czas trwania pierwszej fazy procesu będzie powodował większe zapotrzebowanie sprężonego powietrza w tych rozwiązaniach. Dzięki temu uzyskuje się jednak poprawę zagęszczenia w krytycznych rejonach formy.

Ekspozowane zalety wysokociśnieniowej odmiany procesu impulsowego [4] w aspekcie energochłonności nie mają uzasadnienia technicznego. W przedstawionej analizie porównawczej [4] metod wysoko- i niskociśnieniowej nie uwzględniono faktu, że nakłady energetyczne na sprężenie tej samej objętości powietrza do ciśnienia rzędu ~7 MPa są oczywiście znacznie większe niż w przypadku ciśnienia końcowego rzędu 0,7 MPa oraz przyjęto nieuzasadnione założenie pracy maszyn z całkowitym opróżnieniem głowicy impulsowej. Należy zaznaczyć, że zarówno w metodzie nisko- jak i wysokociśnieniowej w przestrzeni technologicznej uzyskiwane są porównywalne wartości ciśnienia maksymalnego i porównywalne efekty technologiczne.

Porównanie energochłonności maszyn impulsowych z innymi typami maszyn formierskich wymaga stosowania ekwiwalentnych wskaźników energochłonności [17]. W przypadku maszyn z napędem pneumatycznym można dokonać przeliczenia zapotrzebowania sprężonego powietrza na zapotrzebowanie energii elektrycznej. Problemem jest jednak przyjęcie odpowiedniej wartości współczynnika przeliczeniowego. W zakresie ciśnienia sieciowego stosowanego w instalacjach sprężonego powietrza sprężarki rotacyjne (śrubowe, łopatkowe itd.) wypierają powszechnie dotychczas stosowane sprężarki tłokowe.



Rys. 9. Zależności stosunku mocy silników napędowych do wydajności sprężarek różnych typów w zależności od wielkości maszyny. (ciśnienie nominalne 1MPa).

Jednostkowe zapotrzebowanie energii elektrycznej przez sprężarkę jest funkcją szeregu czynników między innymi jej wydajności, systemu sterowania, rodzaju pracy. Na podstawie danych katalogowych różnych firm [5] opracowano wykres (rys.9) przedstawiający linie trendu określające stosunek mocy silników napędowych do wydajności sprężarek w zależności od ich wielkości (wydajności). Analiza literatury z zakresu pneumatyki wskazuje, że rzeczywiste

wartości nakładów na sprężenie jednostki objętości powietrza mogą być wyższe od wartości wskaźników z rysunku 9. W wyposażonych często w przestarzałe sprężarki tłokowe odlewniach wskaźniki energetyczne mogą być o wiele większe od podanych na rysunku 9.

Sprężone powietrze jest stosunkowo drogim czynnikiem energetycznym. Przyjmując przytoczone wskaźniki - nakłady (związane tylko z kosztem energii) na 1 nm^3 można oszacować na poziomie 0,03 PLN, z uwzględnieniem innych kosztów (remonty, obsługa itd.) wskaźnik powyższy podawany jest jako $0,06 \text{ PLN/nm}^3$. Jest to tylko pozornie mała wartość. Przykładowo dla formierki strumieniowej o wydajności 50 form/h, pracującej na dwie zmiany i zużywającej 1 nm^3 / cykl proste obliczenia dają roczne nakłady na zasilanie jej sprężonym powietrzem rzędu 20 do 25 tys. PLN.

Podsumowanie.

Wyniki badań i analiza procesów formowania strumieniowego wskazują na możliwość optymalizacji ich przebiegu w aspekcie zmniejszenia energochłonności maszyn. Zaproponowana metodyka określania zapotrzebowania sprężonego powietrza w powyższych procesach uzależnia ten wskaźnik od podstawowych parametrów konstrukcyjnych i parametrów pracy formierki. W porównywaniu różnych formierek strumieniowych w aspekcie energochłonności celowe jest stosownie wskaźników Z_j oraz E_j .

Przeprowadzona analiza świadczy o możliwości zmniejszenia energochłonności maszyn poprzez odpowiednią ich konstrukcję oraz prawidłowy dobór parametrów pracy. Osiągnięcie korzystnych efektów w aspekcie technologicznym oraz energochłonności jest łatwiejsze w przypadku procesów dwustopniowego zagęszczania - np. impulsowego z doprasowaniem. Ocena w aspekcie energochłonności krajowych rozwiązań tego typu maszyn jest pozytywna. Korzystne prognozy poprawy stanu w omawianym zakresie stwarzają nowoczesne systemy sterowania maszyn formierskich. Za uwzględnieniem wskaźników energochłonności w konstruowaniu maszyn formierskich przemawiają nie tylko czynniki ekonomiczne, ale również ekologiczne.

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

Literatura.

1. Aksjonov P. N.: Oborudovaniye litiejnych cechov. Maszynostrojenije, Moskwa 1977.
2. Boenisch D.: Besonderheiten der Gasdruckverdichtung von Nassgussanden. Giesserei nr21, 1982, s. 593-598.
3. Gerc E.: Dinamika pniewmaticzeskich sistiem maszyn. Maszynostrojenije, Moskwa 1985.
4. Korotun A. N.: Srawnitielnyj analiz formowki wozychom vysokowo i niskowo dawlienija. Litiejnoje Proizwodstwo nr 4, 1991, s. 30-31.
5. Materiały prospektowe firm: FMO Kraków, IO Kraków, DOZAMET Nowa Sól, TECHNICAL Nowa Sól, ALUP Kompressoren, CompAir, CompRot, KAESER, Wittig, Hydrovane i in.
6. Matwiejenko I. i in.: Rieologiczskije i matiematiczeskije osnovy dinamiczeskich i impulsnych metodow uplotnienija. Zawod-WTUZ, Moskwa 1986.
7. Mikulczyński T, Ganczrek M., Bogdanowicz J.: Wpływ składu masy formierskiej na skuteczność zagęszczania impulsowego. Krzepnięcie metali i stopów, nr 43, 2000, 349-358.

8. Orlov G. M.: Avtomatizacija i mechanizacija processa izgotovljenija litiejnych form. Maszynostrojenije, Moskwa 1988.
9. Rudy Cz., Soliński W.: Mechanizacja procesu formowania w odlewni. III Konferencja Odlewnicza TECHNICAL 2000, 2000, Nowa Sól, 55-71.
10. Smyksy K.: Badanie i analiza parametrów impulsowej maszyny formierskiej. Praca doktorska AGH, Kraków 1991.
11. Smyksy K.: Modelowanie pracy impulsowej maszyny formierskiej. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej Elektryka 39, Kielce 2000, 299-306.
12. Smyksy K.: Określenie energochłonności impulsowych maszyn formierskich. Mat. III Międzynarodowej Konferencji "Nowoczesne technologie odlewnicze - Ochrona środowiska", WO AGH, STOP. Kraków, 2000, s.185-192.
13. Smyksy K.: Pomiary impulsowych maszyn formierskich. Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej, nr 52, 1993, 279-282.
14. Smyksy K.: Technologiczne aspekty formowania impulsowego. Krzepnięcie metali i stopów, nr 25, 1999, 47-52.
15. Smyksy K.: Wpływ gęstości początkowej masy na efekty formowania . Mat. III Konf. Odlewniczej: " Postęp techniczny w odlewniach", Technical, Nowa Sól 2000 r., s.43-53.
16. Stefanowicz M.: Formierka FT-65 produkcji Technical w Nowej Soli. Przegląd Odlewnictwa, t.47, 1997, 244-246.
17. Żurawski L., Dańko J., Bodzoń L.: Założenia porównawczej oceny energochłonności różnych maszyn formierskich. Mat. II Międzynarodowej Konferencji "Nowoczesne technologie odlewnicze - Ochrona środowiska", WO AGH, STOP. Kraków, 1997, s.130-135.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODPADOWYCH MAS FORMIERSKICH

Prof. dr hab. inż. Mariusz Holtzer
mgr inż. Iwona Kargulewicz
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa,
Zakład Tworzyw Formierskich i Ochrony Środowiska, Kraków

1. Wprowadzenie.

Masa formierska i rdzeniowa ilościowo stanowi największy odpad jaki powstaje w procesie odlewniczym. Udział tego odpadu w całkowitej ilości wytwarzanych w tym procesie odpadów może nawet przekraczać 80% (tabela 1).

Tabela 1. Udział procentowy poszczególnych odpadów odlewniczych w Polsce (1998 r.).

Odpad	Odlewnie żeliwa	Odlewnie staliwa	Odlewnie metali nieżelaznych
Masa formierska i rdzeniowa	85	92	81
Żużel odlewniczy	11	6,5	13
Pył z odpylania pieców	2	0,4	0,5
Szlam z urządzeń odpylających	2	0,6	2
Gruz z wymurówki pieców	0,2	0,2	4

Zgodnie z rozporządzeniem MOŚZNiL z 24 grudnia 1997 roku w sprawie klasyfikacji, odpady odlewnicze zliczane są do grupy odpadów nieorganicznych z procesów termicznych (kod 10). Grupa 10 – odpady nieorganiczne z procesów termicznych obejmuje [1]:

- 10 09 - odpady z odlewnictwa żelaza:
 - **10 09 01** – rdzenie i formy odlewnicze zawierające spoiwa organiczne uszkodzone przed procesem odlewania;
 - **10 09 02** – rdzenie i formy odlewnicze zawierające spoiwa organiczne lub zużyte po procesie odlewania;
 - **10 09 03** – żużle odlewnicze;
 - 10 09 04 – pyły odlewnicze;
 - **10 09 05** – inne zużyte rdzenie i formy odlewnicze;
 - 10 09 99 – inne nie wymienione odpady.
- 10 10 - odpady z odlewnictwa metali nieżelaznych:
 - **10 10 01** – rdzenie i formy odlewnicze zawierające spoiwa organiczne uszkodzone przed procesem odlewania;
 - 10 10 02 – rdzenie i formy odlewnicze zawierające spoiwa organiczne, uszkodzone lub zużyte po procesie odlewania;
 - **10 10 03** – zgary i żużle odlewnicze;
 - 10 10 04 – pyły odlewnicze;

- 10 10 05 – inne zużyte rdzenie i formy odlewnicze;
- 10 10 99 – inne nie wymienione odpady.

Odpady odlewnicze stanowią w naszym kraju niewielki procent wszystkich powstających w ciągu roku odpadów przemysłowych. Ich odpowiednie zagospodarowanie stanowi jednak istotny problem i przedmiot badań, tym bardziej, że zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 2 listopada 2000 roku, odpady o kodach 10 09 01, 10 09 02, 10 09 03 i 10 09 05, oraz 10 10 01 i 10 10 03, czyli większość odpadów z przemysłu odlewniczego, powinno być wykorzystane w celach przemysłowych [2].

Dlatego też opracowanie skutecznych sposobów zagospodarowania tego odpadu przynosi danej odlewni znaczne korzyści ekonomiczne. Zasadniczym kierunkiem działania w tym zakresie jest stosowanie na szeroką skalę procesu regeneracji, który pozwala na ponowne wprowadzanie osnowy (regeneratu) do procesu produkcyjnego odlewni. W Polsce proces regeneracji jest stosowany praktycznie tylko w kilku odlewniach. Co prawda szereg odlewni planuje w najbliższym czasie budowę stacji regeneracji osnowy ze zużytej masy, jednak jest to uwarunkowane głównie czynnikiem ekonomicznym. Decydującą rolę odgrywa tu koszt budowy samej instalacji, koszt zakupu i transportu świeżego piasku, oraz opłaty za składowanie odpadowej masy. W kraju relacje pomiędzy ceną świeżego piasku a ceną regeneratu przemawiają jeszcze na korzyść tego pierwszego. Jednak wzrost opłat za składowanie odpadów, jak również brak miejsca do składowania, będą tymi czynnikami, które w niedługiej perspektywie czasu zmienią tę relację i zmuszą ekonomicznie odlewnie do wprowadzania procesu regeneracji [3, 4]. Zużyta masa formierska i rdzeniowa w dużym stopniu jest wykorzystywana do celów gospodarczych (budowa i utwardzanie dróg, niwelacja terenu, wypełnianie wyrobisk górniczych oraz na wysypiska komunalne jako warstwa sanitarna). Tak jak w przypadku wszystkich odpadów decyduje o tym test wymywalności tych mas [5].

2. Obszary zastosowania zużytej masy formierskiej i rdzeniowej.

Zużyta masa formierska i rdzeniowa, poza bezpośrednim składowaniem na wysypiskach, co często może stwarzać problemy dla odlewni zarówno ekonomiczne, jak i formalne, jest wykorzystywana również w innych procesach technologicznych. W niniejszym referacie zostaną omówione przykłady zastosowania zużytej masy formierskiej w procesach poza odlewnictwem [6-8].

2.1. Produkcja cementu portlandzkiego.

Zużyta masa formierska na osnowie piasku kwarcowego, ze względu na swój skład chemiczny (duża zawartość SiO_2), może znaleźć zastosowanie do produkcji materiałów budowlanych. Jednym z takich rozwiązań jest produkcja cementu portlandzkiego [9]. Produkcja cementu zasadniczo obejmuje nagrzewanie materiałów zawierających CaO (np. kamień wapienny) z tlenkami krzemu, żelaza i glinu, a następnie mielenie z gipsem, aby powstały reaktywne składniki cementu. Zużyta masa formierska może być zastosowana jako źródło krzemionki z korzyścią dla odlewni i producenta. W badaniach przeprowadzonych w USA do sporządzanych mieszanek cementowych dodawano zużytą masę formierską pochodzącą z odlewni żeliwa szarego. Analizę chemiczną zużytej masy formierskiej przedstawiono w tabeli 2

Tabela 2. Analiza chemiczna zużytej masy formierskiej dodawanej w procesie produkcji cementu portlandzkiego [9].

Składnik	Zawartość, % wag.
SiO ₂	87,91
Al ₂ O ₃	4,70
Fe ₂ O ₃	0,94
CaO	0,14
MgO	0,30
SO ₃	0,09
Na ₂ O	0,19
K ₂ O	0,25
TiO ₂	0,15
P ₂ O ₅	0,00
Mn ₂ O ₃	0,02
SrO	0,03
Straty prażenia	5,15
Suma	99,87

Sporządzano mieszanki o różnej zawartości zużytej masy formierskiej (od 0% do 13,36% - co oznaczało całkowity brak świeżego piasku) i spiekano w temperaturze 1500°C. Analiza porównawcza uzyskanego klinkieru o zawartości masy zużytej wynoszącej 13,36% oraz bez udziału masy jest podana w tabeli 3.

Tabela 3. Analiza chemiczna klinkieru otrzymanego z mieszanki cementowej nie zawierającej zużytej masy formierskiej oraz mieszanki, w której piasek kwarcowy całkowicie zastąpiono użytą masą z odlewni żeliwa [9].

Składnik	0% masy zużytej	13,36% masy zużytej
SiO ₂	21,43	21,72
Al ₂ O ₃	5,26	4,63
Fe ₂ O ₃	3,81	3,80
CaO	65,30	65,53
MgO	1,56	1,68
SO ₃	0,33	0,22
Na ₂ O	0,13	0,17
K ₂ O	0,37	0,29
TiO ₂	0,36	0,28
P ₂ O ₅	0,03	0,03

Mn ₂ O ₃	0,05	0,06
SrO	0,03	0,03
Straty prażenia	0,35	0,76
Suma	99,01	99,17
CaCO ₃	0,20	0,26

Zarówno skład chemiczny cementu, jak i jego właściwości, w tym czas wiązania, w obu skrajnych przypadkach były praktycznie takie same. Wytrzymałość na ściskanie cementu, badana po różnym czasie, była nawet nieco korzystniejsza dla próbek zawierających zwiększoną zawartość masy zużytej.

2.2. Składnik mieszanek betonowych.

Możliwość wykorzystania zużytej masy formierskiej i rdzeniowej jako składnika betonu jest ograniczona. Wynika to ze znacznego spadku wytrzymałości na ściskanie takiej mieszanki betonowej w stosunku do betonów sporządzanych z tradycyjnych składników. Tym bardziej, że stosowanie betonów o małej wytrzymałości ma miejsce tylko w szczególnych przypadkach. Przykładowy skład typowej mieszanki betonowej zawiera w 1 m³ : 300 – 475 kg cementu portlandzkiego, 180 – 230 kg wody, 1070 – 1130 kg kruszywa gruboziarnistego, 710 – 830 kruszywa drobnoziarnistego [9]. Badania przeprowadzone dla zużytych mas formierskich pochodzących z odlewni w stanie Illinois (USA) wykazały, że masy te nie spełniały wymagań pod względem ziarnistości i tylko w 33% mogły zastępować kruszywo drobne w betonie. Wytrzymałość betonu na ściskanie, w którym taka część kruszywa drobnego została zastąpiona masą zużytą, pochodzącą z różnych technologii formierskich stosowanych w tej odlewni, bardzo istotnie się zmienia..

Wytrzymałość ta, określana kolejno po 1, 3, 7 i 28 dniach jest największa, gdy masa odpadowa pochodzi z form skorupowych (wynosi 36 MPa - tyle samo co dla składu kontrolnego). W przypadku masy z odlewni żeliwa maleje do 28 MPa, a masy z odlewni staliwa wynosi 18 MPa.

Szerokie badania w zakresie możliwości zagospodarowania zużytej masy formierskiej do produkcji betonu na bloki i kostkę brukową zostały przeprowadzone we Francji. Badania te wykazały techniczne możliwości stosowania dodatku masy w ilości 5-10%. Przy takim składzie właściwości mechaniczne wyrobów z betonu z dodatkiem do 10% zużytej masy formierskiej nie różnią się istotnie od właściwości wytwarzanych z klasycznej masy betonowej [10].

2.3. Ceramika budowlana.

2.3.1. Wyroby wapienno-piaskowe.

Podstawowymi surowcami do produkcji cegły wapienno-piaskowej są piasek (ok. 90%) i wapno palone, mielone [11]. Mieszankę, po wstępnym wymieszaniu na sucho nawilża się do wilgotności w granicach 7% i poddaje procesowi gaszenia wapna w reaktorach w czasie 4-5 godzin. Proces ten ma charakter egzotermiczny i podczas jego przebiegu temperatura mieszanki podnosi się do około 85°C, wilgotność obniża się do 3%. W celu uzyskania masy odpowiedniej do formowania, po wyjściu z reaktora nawilża się ją do 5-6% wilgoci. Formowanie wyrobów odbywa się przy ciśnieniu 18-22 MPa. Końcową operacją technologiczną jest proces autoklawizacji, czyli obróbki termicznej, polegający na poddawaniu surowej masy działaniu wysokiej temperatury (200°C) nasyconej pary wodnej pod ciśnieniem 1,6 MPa, w czasie

8 godzin. W czasie autoklawizacji następuje łączenie się wodorotlenku wapnia z krzemionką i powstają uwodnione krzemiany wapnia, które powodują utwardzenie i połączenie szkieletu. Przydatność piasku jako surowca w powyższej technologii, określa się na podstawie składu granulometrycznego, mineralogicznego i chemicznego. Porównując właściwości zużytych mas formierskich wywożonych na składowisko, w jednej z krajowych odlewni, stwierdzono dużą ich przydatność jako składnika masy wapienno-piaskowej (tabela 4). Podstawowe parametry, tj. zawartość krzemionki, tlenku glinu i magnezu kwalifikują użytą masę jako surowiec przydatny do tej produkcji. Skład granulometryczny jest znacznie korzystniejszy od piasku stosowanego dotychczas do produkcji cegieł wapienno piaskowych.

Tabela 4. Właściwości osnowy piaskowej dla wyrobów wapienno piaskowych [11].

Parametr	Wymagane parametry, %	Właściwości piasku ze złoża, %	Właściwości mas odpadowych, %
Skład chemiczny			
SiO ₂	min. 80	93,82	91,50
Al ₂ O ₃	max. 5	3,75	3,25
Fe ₂ O ₃	max. 1,5	0,43	1,21
MgO	3,0	0,32	0,95
Na ₂ O + K ₂ O	2,5	1,33	-
CaO	-	0,79	1,03
Straty prażenia	-	0,34	2,46
Ziarnistość			
frakcja 2 - 5 mm	max. 5	0 - 0,5	1 - 3,0
0,5 - 2 mm	do 30	0,5 - 7	12 - 28
0,05 - 0,5 mm	do 65	80 - 95	60 - 80
Zawartość zanieczyszczeń pylasto-ilastych	max. 10	1,5 - 4	do 11

Jak wykazały przeprowadzone próby przy zastosowaniu masy zużytej, zwiększa się plastyczność masy wapienno-piaskowej i podatność do formowania, zwiększa się spistość wyrobów, powierzchnia jest równa z wyrazistymi krawędziami. Większa strata prażenia zużytej masy formierskiej w stosunku do piasku wynika głównie z zawartości w masie pyłu węglowego. Nie stwierdzono szkodliwego wpływu tego składnika na gotowy wyrób (nadaje jedynie barwę szarą). W tabeli 5. podano wyniki badań produkowanych bloków wapienno-piaskowych zawierających 92% zużytej masy formierskiej i 8% wapna palonego.

Tabela 5. Właściwości bloków wapienno-piaskowych [11].

Parametr	Wymagania dla kl. 150	Uzyskane właściwości
Wytrzymałość na ścislenie (MPa)	min. 10	12,4
Gęstość objętościowa (kg/dm ³)	max. 1,5	1,49
Nasiąkliwość (%)	max. 16	13,2
Odporność na działanie mrozu (po 20 cyklach zamrażania i odmrażania)	brak uszkodzeń po badaniu	brak uszkodzeń po badaniu

2.3.2. Cegły budowlane.

Jedną z form wykorzystania zużytych mas formierskich jest zastosowanie ich do produkcji cegły [12, 13]. Wytwarzana jest cegła pełna, dziurawka oraz cegła klinkierowa. Przy produkcji cegły dziurawki i pełnej zastosowano suche zużyte masy formierskie jako surowiec schudzający masę ceramiczną w ilości do 25% składu surowcowego, przy wyeliminowaniu piasku kwarcowego. Próby przemysłowe wykonano z dodatkiem 6% zużytej masy z form skorupowych (pozostałe składniki stanowi glina biała i czerwona oraz piasek świeży). Cegły formowano z masy o wilgotności 19%, stosując podciśnienie 0,9 atm. Suszono je przez 48 godzin w temperaturze 40°C. Wysuszone cegły wypalano w temperaturze 1050°C. Uzyskane w ten sposób cegły nie różniły się wyglądem od cegieł wykonanych w tradycyjny sposób. Badania wykazały, że ich wytrzymałość na ściskanie odpowiada klasie 350, przy średniej nasiąkliwości 2,3% i końcowej skurczliwości w granicach 10%.

Do produkcji cegły pełnej wykorzystuje się również odpadowe pyły i szlamy z regeneracji mas z bentonitem. Pyły te stanowiły materiał o frakcji głównej 0,071/0,1/0,056 i cechowały się stratami prażenia około 17% w temperaturze 900°C. Badania laboratoryjne wykazały, że cegły wykonane z masy zawierającej w swoim składzie odpadowe pyły poregeneracyjne, charakteryzują się mniejszą skurczliwością i nasiąkliwością, przy równocześnie wyższej wytrzymałości mechanicznej, w porównaniu do cegieł wytwarzanych z mas tradycyjnych w danej cegielni. Próby przemysłowe mas do produkcji cegieł przeprowadzono z zastosowaniem dodatku 20% pyłów poregeneracyjnych, zamiast popiołu dymnicowego stosowanego dotychczas przez cegielnię do schudzania gliny. Pozostałe składniki masy to: il - 50% i pył dymnicowy - 30%.

Przy wykorzystywaniu zużytych mas formierskich do produkcji ceramiki budowlanej, należy szczególną uwagę zwrócić na ich dokładne rozdrobnienie i oddzielenie części metalowych. Części organiczne takie, jak żywice, a także pył węglowy, występujące w zużytych masach odlewniczych, nie stanowią przeszkody w produkcji cegły o dobrej, zgodnej z normami jakości, co znalazło potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach.

2.4. Składnik mieszanek asfaltowych.

Mieszanki asfaltowe wymagają dodatku drobnoziarnistych składników w ilości 8 –15% w stosunku do całej masy wypełniaczy mineralnych. Próby wprowadzenia 10% masy zużytej z odlewni żeliwa, w miejsce piasku, dały pozytywne wyniki. Właściwości mieszanki asfaltowej nie uległy pogorszeniu i spełniały wymagania odpowiednich norm amerykańskich.

2.5. Surowiec do produkcji wełny mineralnej.

Zużyta masa formierska, ze względu na bardzo wysoką zawartość krzemionki, może stanowić jeden z surowców do wytwarzania wełny mineralnej. Aktualnie technologia ta wymaga brykietowania, aby uniknąć wydmuchiwania masy poza piec w przypadku wprowadzania w postaci rozdrobnionej. Zalecane wymiary brykietów wynoszą 2,5 cm x 7,5 cm . W przyszłości przewiduje się wprowadzanie masy zużytej bez brykietowania do pieca szybowego na poziomie dysz doprowadzających powietrze do spalania paliwa.

2.6. Inne możliwości wykorzystania zużytej masy odlewniczej .

Obecnie coraz szerzej zużyta masa formierska znajduje zastosowanie jako warstwa pośrednia na wysypiskach odpadów komunalnych. W przypadku spełniania przez masę wymogów co do jej neutralnego charakteru dla środowiska masa jest odbierana przez wysypiska

komunalne. Przepuszczalność tych mas znacznie ułatwia zjawisko biorozkładu przebiegające wewnątrz wysypiska. Ponadto masa spełniająca powyższe warunki stanowi cenny surowiec do wypełniania dużych wyrobisk naziemnych i podziemnych, przy czym może być dostarczana w stanie suchym lub w postaci pulpy wodnej. W tym przypadku korzyści ekonomiczne może uzyskać zarówno np. kopalnia, stosując tańszy materiał podsadzkowy, jak i odlewnia sprzedając zbędny dla niej materiał odpadowy. Jednak, aby to było możliwe konieczne jest przeprowadzenie każdorazowo odpowiednich badań masy odpadowej z odlewni oraz warunków stosowania podsadzki hydraulicznej w wybranej kopalni. Przewiduje się również przechowywanie większych ilości zużytej masy w wydzielonych miejscach, w celu jej przyszłościowego wykorzystania dla potrzeb odlewnictwa, wówczas gdy opracowane zostaną doskonalsze metody regeneracji.

Zużyta masa formierska może być wykorzystana jako materiał wypełniający we wstępnych pracach ziemnych (niwelacja terenu), jako tzw. materiał podkładowy oraz do formowania nasypów. Użycie do tych celów może w pewnych przypadkach wymagać zastosowania warstw izolacyjnych (dolnej – w terenach podmokłych i o wysokim poziomie wód gruntowych, górnej – w celu odcięcia dopływu wód atmosferycznych) oraz składników modyfikujących ich właściwości (np. wysoką osypliwość). Odpady te mogą być użyte, w niektórych przypadkach, do budowy lub utwardzania nawierzchni dróg o niskim natężeniu ruchu drogowego, lecz problem ten nie jest do końca rozeznany. W tym przypadku należy jednak zabezpieczyć masy przed rozpylaniem i spływaniem z wodami opadowymi. Nie należy również stosować tych odpadów w strefach ochrony wód podziemnych użytkowanych w celach komunalnych lub do hodowli ryb. Jak wykazały badania przeprowadzone dla mas zużytych pochodzących z jednej z krajowych odlewni, wykazują one właściwości odporności na naciski, które kwalifikują je do stosowania przy budowie warstw dolnych nasypów, natomiast są zbyt niskie dla górnych warstw nasypów drogowych [8].

3. Literatura.

1. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 grudnia 1997 roku w sprawie klasyfikacji odpadów (Dz. U. z 1997 r., Nr 162, poz.1135).
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 2 listopada 2000 r. w sprawie określenia odpadów, które muszą być wykorzystywane w celach przemysłowych, oraz warunków, jakie muszą być spełnione przy ich wykorzystywaniu (Dz. U. z 2000 r. , nr 100, poz. 1078).
3. Holtzer M., Lewandowski J.L., Dańko J.: The possibilities of a reclamation of components from moulding sands. *Acta Metallurgica Slovaca*, 3, (1/2) 1997, 228 - 232.
4. Lewandowski J.L., Holtzer M., Dańko J.: The Technological, Economical and Ecological Factors Determining the Proper Choice of a Reclamation Process of the Used Sand. *Metallurgy and Foundry Engineering* , v. 22, 1996, No. 1, 73-81.
5. Kargulewicz I. Badanie kinetyki procesu wmywania wybranych metali ciężkich ze zużytych mas formierskich. Praca doktorska. Akademia Górniczo-Hutnicza Wydział Odlewnictwa. Kraków 1999.
6. Holtzer M.: Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi w odlewniach. AGH Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
7. Olszowski T.: Problemy utylizacji zużytych mas formierskich i rdzeniowych. *Przegląd Odlewnictwa*, 1993, nr 5, 166-168.
8. Micker A.: Odpadowe masy formierskie jako materiał konstrukcyjny w budownictwie drogowym. *Archiwum Technologii Maszyn I Automatyzacji* v. 18, nr spec. 1998, 201-207.
9. Twarog D.L., Burnley R.T.: Alternate utilization of foundry sand waste. Ref. oficjalny amerykański Nr 2 na 59 Światowy Kongres Odlewniczy, Sao Paulo 1992.
10. Stephan J., François T.: La reutilisation des sables usés de fonderie en fabrication de produits a base de liants hydrauliques. *Fonderie – Fondateur d’Aujourd’hui* 152, Fevrier 1996, 25-32.
11. Golonka J., Grześkowiak A., Przybylak J.: Zastosowanie nieużytkowych mas formierskich i rdzeniowych oraz żużla żeliwiakowego do produkcji kształtek budowlanych. *Mat. Konferencyjne "Ogólnopolska Konferencja Odlewników -Utylizacja Przemysłowych Odpadów Technologicznych i Ochrona Środowiska Naturalnego. Śrem, maj 1987, 87-101.*
12. Pezarski F. i in. Badania możliwości zastosowania odpadów mas odwałowych i rdzeni skorupowych z KZO-KOńskie do produkcji cegły klinkierowej w ZCB-Sołtyków. *Prace Instytutu Odlewnictwa, zlec. 8238/90.*
13. Pezarski F., Maniowski z., Baliński A. i in.: Próby zastosowania zużytych mas formierskich i rdzeniowych do produkcji ceramiki budowlanej. *Mat. Konferencyjne Międzynarodowej Konferencji "Nowoczesne Technologie Odlewnicze - Ochrona Środowiska", Kraków 6-8 września 1995, 56-59.*

TENDENCJE ROZWOJOWE MASZYN, URZĄDZEŃ I LINII FORMIERSKICH

mgr inż. Czesław Rudy
mgr inż. Krzysztof Makohonenko
mgr. inż. Stanisław Wrona

- TECHNICAL – Nowa Sól
- TECHNICAL – Nowa Sól
- TAMEL - Tarnów

1. Wstęp.

Nieustanny postęp generuje coraz większe wymagania techniczne i jakościowe dla przemysłu odlewniczego, który najczęściej jest dostawcą półfabrykatów do dalszej przeróbki. Przemysł odlewniczy zmuszony jest przez swoich odbiorców do ciągłego podwyższania jakości swoich wyrobów a przez silną konkurencję, do zmniejszania kosztów produkcji i obniżania cen. Aby osiągnąć powyższe cele konieczne są modernizacje i wymiana przestarzałych technologii odlewniczych. Odlewanie do form wykonanych z mas bentonitowych, tak jak dotychczas, pozostaje najszerszej stosowaną metodą odlewania.

Konkurencyjność tej technologii wynika przede wszystkim z niskich kosztów materiałowych oraz możliwości wielorakich sposobów wykonania formy odlewniczej.

Stąd ciągle zainteresowanie odlewników stanem techniki oraz kierunkami rozwoju technologii maszyn i urządzeń do formowania w masach bentonitowych.

Stosowane aktualnie nowoczesne techniki formowania charakteryzują się korzystnymi efektami technologicznymi. Uzyskuje się dużą dokładność odwzorowania skomplikowanych modeli, wysoki stopień zagęszczenia oraz korzystny jego rozkład, co sprzyja dokładności wymiarowej form.

Jakość wykonywanej formy oraz wydajność formowania są zasadniczymi wyznacznikami jakości i ilości uzyskanych odlewów. Dlatego też działania zmierzające do wzrostu wydajności odlewni oraz poprawy jakości odlewów najczęściej zmierzają do budowy nowych gniazd i linii formierskich.

Linie formierskie, zwłaszcza w pełni zautomatyzowane, są urządzeniami kosztownymi, dlatego niewiele odlewni może sobie pozwolić na takie wydatki inwestycyjne. Dlatego przemysł odlewniczy w większym stopniu zainteresowany jest instalowaniem urządzeń oraz linii technologicznych tańszych o niższym stopniu automatyzacji.

Jedną z podstawowych specjalizacji TECHNICAL są maszyny formierskie, stanowiska formierskie oraz linie formierskie do odlewania w formach skrzynkowych, formowanych w masach formierskich bentonitowych na wilgotno.

TECHNICAL oferuje dostawę nowoczesnych maszyn, kompleksowe wykonawstwo, tj. opracowanie projektu, wykonanie maszyn i urządzeń, wykonanie prac budowlanych, dostawę wszystkich urządzeń i instalacji wchodzących w skład stanowiska lub linii formierskiej, montaż i uruchomienie oraz fachowa pomoc przy wdrażaniu nowej technologii i produkcji.

2. Linia formierska LF-50.60 do produkcji korpusów silników elektrycznych w odlewni żeliwa 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. 1).

Linia została zaprojektowana i wykonana w oparciu o technologię, maszyny i urządzenia będące know - how TECHNICAL.

Linia została wyposażona w nowoczesną maszynę formierską tj. formierkę impulsowo-prasującą typ FT-65A produkcji TECHNICAL oraz nowoczesny system sterowania elektronicznego oparty na sterownikach PLC.

Formierka współpracuje z trzyliniowym przenośnikiem odlewniczym Rys.5 pracującym w cyklu automatycznym.

Zastosowanie układu :

- nowoczesna maszyna formierska typ FT-65A;
 - zautomatyzowany przenośnik odlewniczy;
 - system sterowania oparty na sterownikach PLC;
- gwarantują wysoką jakość formy oraz wymaganą wydajność i rytmikę produkcji.

2.1. Charakterystyka techniczna.

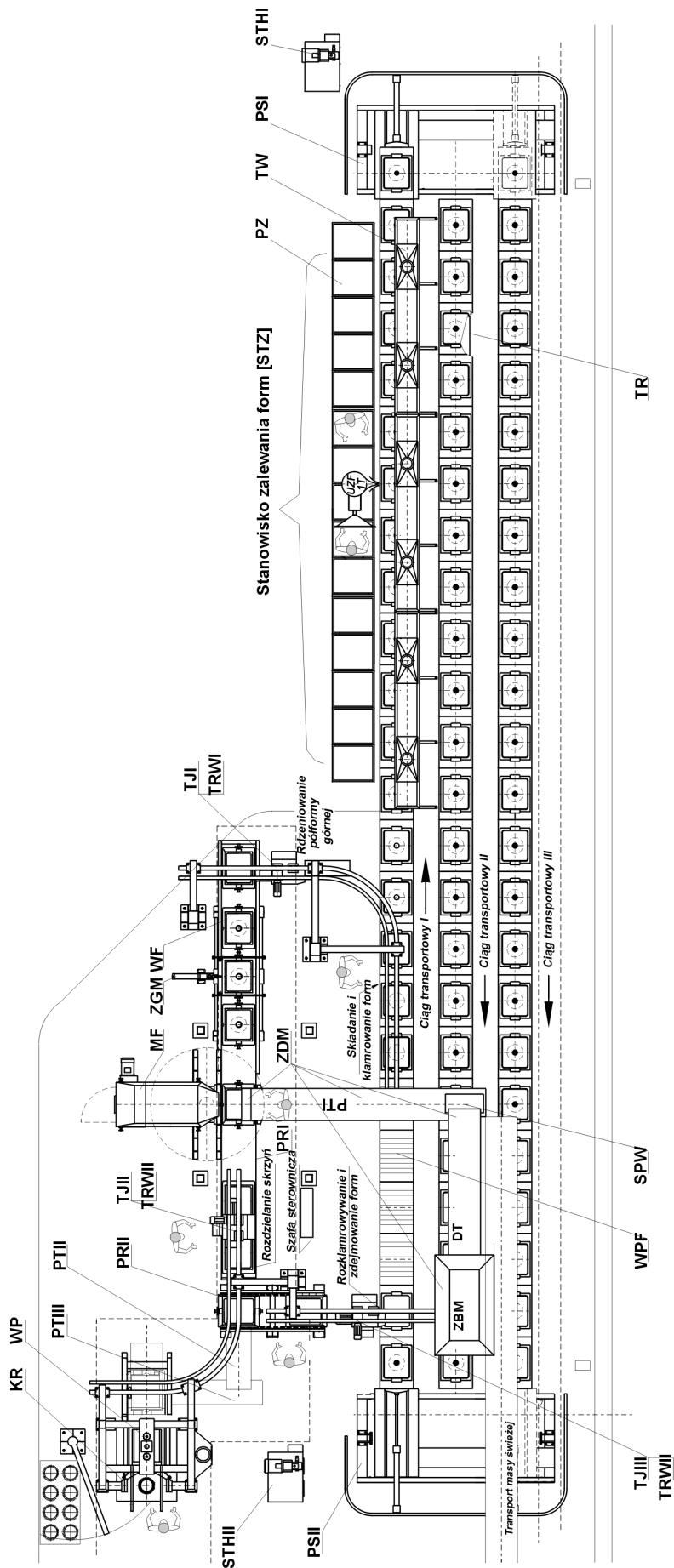
- | | |
|--|---|
| • Technologia formowania | niskociśnieniowe formowanie impulsowe z doprasowaniem |
| • Wielkość skrzyni formierskiej w świetle | |
| -długość | 600 mm |
| -szerokość | 500 mm |
| -wysokość | 250 /250 mm |
| • Wydajność linii | 40 form/h |
| • Cykl pracy maszyny formierskiej (wykonanie dwóch połówek form) | 45 s |
| • Czas chłodzenia | 110 min |
| • Głębokość modelu ujemnego | 140 mm |
| • Obciążenie form | klamrowanie obce |

2.2. Opis pracy linii formierskiej LF-60.50.

Linia formierska LF-60.50 (rys. 1) została zaprojektowana i wykonana do wykonywania odlewów w skrzyniach formierskich o wymiarach 600x500x250/250 mm, w cyklu półautomatycznym.

Projekt technologiczny linii oraz jej konstrukcja mechaniczna przewiduje dalsze etapy jej automatyzacji poprzez wyposażenie linii w dodatkowe urządzenia technologiczne jak:

- wiertarka zbiorników wlewowych;
- odwracarka ;
- składarka.



Rys. 1. Linia formierska LF-60.50 do produkcji odlewów korpusów silników elektrycznych

Półformy wykonywane są na maszynie formierskiej [MF] typu FT-65A w technologii impulsowo-prasującej.

Maszyna formierska FT-65A wykonuje naprzemian, półformy dolne [PFd] i górne [PFg] i w takiej kolejności są one przemieszczane po rolkach przenośnika rolkowego [PRI], w kierunku urządzenia do ścinania nadmiaru masy [ZGM], gdzie w półformach dolnych dokonuje się ścinania nadmiaru masy.

Na następnym stanowisku dokonuje się, w półformach górnych, wiercenia układów wlewowych. W dalszej kolejności następuje przemieszczanie półform z przenośnika rolkowego [PRI] na płytę wózka podformowego [WPF], przenośnika odlewniczego [PO].

Półforma dolna [PFd] unoszona jest za pomocą trawersy [TRWI] i przemieszczona jest w kierunku przenośnika odlewniczego [PO]. W trakcie tego ruchu dokonuje się ręcznego odwrócenia półformy o 180°, celem prawidłowego ustawienia półformy na płycie podformowej.

W następnej kolejności transportuje się w podobny sposób półformę górną [PFg]. Operację składania wykonuje się za pomocą obcych trzpieni centrujących, które wkładane są ręcznie do skrzyni formierskiej górnej [SFg]. Formę klamruje się ręcznie za pomocą klamer krzywkowych.

Złożone formy na wózkach podformowych, transportowane są na przenośniku odlewniczym [PO] w pole zalewania form. Przenośnik odlewniczy składa się z:

- trzech równoległych ciągów transportowych (I, II, III);
- przesuwnic I [PSI] i przesuwnic II [PSII];
- wózków podformowych [WPF].

Operacji zalewania dokonuje się z podestu zalewowego [PZ]. Stanowisko zalewania form jest wyposażone w odciąg stanowiska zalewania [TW], który odciąga wydobywające się z form gazy i kieruje do instalacji odpylającej.

Zalane formy transportowane są do przesuwnic I [PSI], gdzie następuje ich poprzeczne przemieszczanie i przemienne kierowanie w równoległe ciągi transportowe II lub III.

Transport form po torowisku [TR] przenośnika odlewniczego na wszystkich ciągach transportowych, odbywa się przy pomocy siłowników hydraulicznych. Siłowniki te, odpowiednio sterowane, spełniają podwójną rolę. Raz działają jako spychacz [SP], a w następnym cyklu jako amortyzator [AM]. Torowisko [TR] przenośnika odlewniczego [PO] wyposażone jest w system czynnych blokad i mechanizmów zapadkowych, które zapewniają poprawne pozycjonowanie wózków i bezpieczeństwo ruchów.

Schłodzone formy kierowane są z ciągów transportowych II i III, do przesuwnic II [PSII], która transportem poprzecznym przemieszcza je w oś ciągu transportowego I i spycha na stanowisko zdejmowania form.

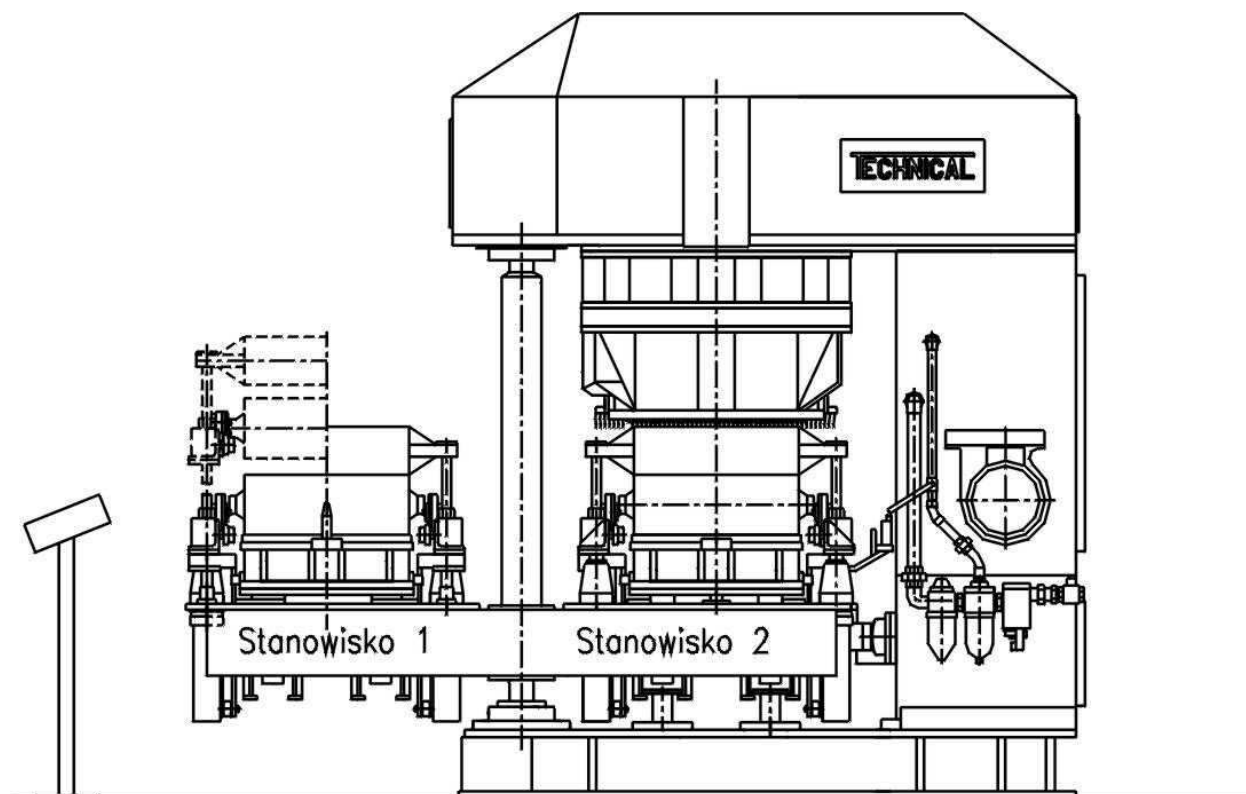
Formy zdejmowane są z wózka podformowego [WPF] za pomocą elektrowciągu i transportowane na stanowisko wypychania [WP].

Po wypchnięciu formy pusty zestaw skrzyń [ZSF] przenoszony jest na przenośnik rolkowy [PRI], na którym następuje rozdzielanie skrzyń i skierowanie ich w kierunku maszyny formierskiej

Zasilanie linii świeżą masą formierską odbywa się z przynależnego do linii zbiornika masy [ZBM]. Dozownik taśmowy [DTM] transportuje masę ze zbiornika na poprzecznie ustawiony przenośnik taśmowy [PT], którym masa zostaje przemieszczona do wagi tensometrycznej [WT] usytuowanej nad maszyną formierską [MF].

Na przesypie między dozownikiem masy [DTM] a przenośnikiem taśmowym [PT] usytuowana jest spulchniarka masy [SPW], której zadaniem jest spulchnianie masy. Porcja masy formierskiej zostaje w wadze elektronicznej (tensometrycznej) odmierzona i zadozowana do komory utworzonej przez skrzynię formierską i ramkę nadmiarową.

2.3. Maszyna formierska impulsowo-prasująca typu FT-65A (rys.2.).



Rys.2. Maszyna formierska impulsowo – prasująca typu FT

2.3.1. Dwustopniowy proces formowania.

W procesie formowania szczególnie ważna jest możliwość osiągnięcia równomiernego, wysokiego zagęszczenia w całej formie, szczególnie przy zastosowaniu skomplikowanych technologicznie modeli.

Analiza poszczególnych technik zagęszczania wskazuje, że najlepsze efekty technologiczne uzyskuje się przy stosowaniu metod zagęszczania dwustopniowego (np. impulsowo-prasująca, strumieniowo-prasująca itd.). Doprasowanie pozwala na odpowiednie kształtowanie rozkładu zagęszczenia masy poprawiając jego równomierność wzdłuż wysokości formy.

Połączenie tych dwóch procesów zostało zrealizowane w maszynach formierskich impulsowo – prasujących typu FT, produkcji TECHNICAL - Nowa Sól, które dają możliwość wielowariantowej realizacji procesu zagęszczania masy formierskiej z regulowaną elektronicznie dynamiką procesu.

Wyposażenie maszyn formierskich w typu FT w zespoły prasowania należy uznać za korzystne rozwiązanie sprzyjające ich większej uniwersalności, eliminujące niektóre wady jednostopniowych maszyn impulsowych oraz umożliwiające zmniejszenie wymagań w stosunku do dynamiki działania zespołów zaworowych.

Technika zagęszczania form stosowana w formierkach impulsowo – prasujących typu FT produkowanych przez TECHNICAL – Nowa Sól, zapewnia bardzo dobre efekty technologiczne produkowanych odlewów. Wysoka jakość form pozwala między innymi zwiększyć dokładność wymiarową odlewów, otrzymać dobrą jakość ich powierzchni.

W wielu wypadkach stwarza możliwość wyeliminowania rdzeni oraz lepszego wykorzystania powierzchni płyty modelowej, tak jak w przypadku formowania bezrdzeniowego korpusów silników elektrycznych w odlewni FSE „TAMEL” – Tarnów.

2.3.2. Procesy formowania na maszynie impulsowo – prasującej typu FT.

Etapy procesu wykonania formy na maszynie impulsowo – prasującej typu FT przedstawia (rys.3). Formierka wykonuje dolne i górne półformy, zastępując parę klasycznych maszyn formierskich. Operacja dozowania masy (rys.3a) oraz oddzielania modelu od formy (rys.3f) odbywają się na stanowisku przed formierką, pozostałe operacje (rys.3b,c,d,e) przeprowadzane są na stanowisku znajdującym się w obrysie maszyny.

Podkreślenia wymaga uniwersalność formierki, dzięki nowoczesnemu układowi sterowania (sterownik PLC), możliwy jest wybór wariantu zagęszczania :

- impuls sprężonego powietrza;
- impulsowy z doprasowaniem;
- prasowanie (siła prasowania 0-20MPa).

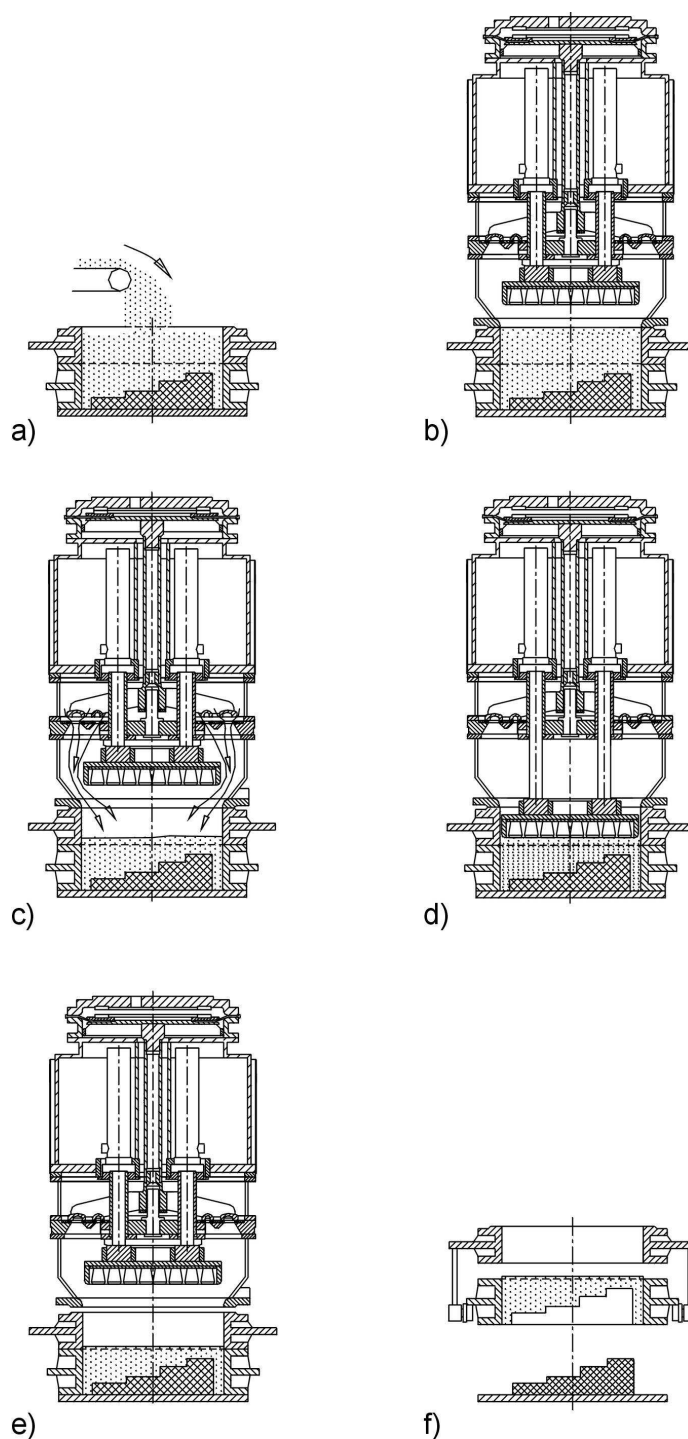
Formierka posiada bezstopniową regulację siły prasowania, ciśnienia impulsu sprężonego powietrza (0,1÷0,6 MPa) oraz czasu działania nacisku płyty prasującej. Parametry te są nastawialne z pulpitu operatorskiego przez operatora maszyny formierskiej.

Dla potrzeb produkcji korpusów silników elektrycznych firma TECHNICAL zastosowała trzystopniową technologię zagęszczania opartą na:

- wstępnym zagęszczeniu grawitacyjnym masy formierskiej dozowanej z dużej wysokości;
- zagęszczeniu I stopnia, za pomocą niskociśnieniowego impulsu sprężonego powietrza;
- zagęszczeniu II stopnia (ostateczne) za pomocą prasowania pod średnimi naciskami ($p \leq 0,6$ MPa).

Wstępne zagęszczenie grawitacyjne polega na dozowaniu masy formierskiej ze znacznej wysokości, za pomocą dozownika wagowego masy z dynamicznym otwarciem klap. Proces dozowania przebiega bardzo szybko. Gwałtowne otwarcie klap dozownika powoduje, że porcja masy zostaje nagle uwolniona i siłą grawitacji spada na płytę modelową. W efekcie następuje uderzeniowe zagęszczenie masy w warstwie przymodelowej. Jest to zagęszczenie wstępne, jednakże jego efekt jest bardzo istotny dla końcowego procesu zagęszczenia masy, jakości formy oraz dalszego przebiegu procesu formowania.

Zagęszczenie wstępne jest jednocześnie procesem napełniania komory technologicznej masą formierską. Powiązanie tych operacji powoduje, że w czasie napełniania i jednoczesnego zagęszczania wstępnego nie tworzą się przestrzenie powietrzne w warstwie przymodelowej, co przy dalszych operacjach poprawia stopień zagęszczenia masy.



Rys. 3. Proces formowania maszyny formierskiej impulsowo-prasującej typu FT firmy TECHNICAL a) dozowanie masy, b) zwieranie zestawu: skrzynia formierska - ramka nadmiarowa z głowicą impulsowo-prasującą i płytą modelową, c) zagęszczanie impulsowe, d) doprasowanie, e) rozwieranie układu, f) oddzielanie modelu od pó formy.

2.3.3. Porównanie metod zagęszczania impulsowego i strumieniowego z doprasowaniem.

Najbardziej efektywnymi i nowoczesnymi technologiami zagęszczania form są technologie zagęszczania impulsowego i strumieniowego z doprasowaniem.

Technologia formowania strumieniowego polega na wstępnym zagęszczeniu masy formierskiej strumieniem sprężonego powietrza oraz dogęszczeniu zasadniczym za pomocą hydraulicznego zespołu prasującego, najczęściej z udziałem głowicy sztywnej, przeponowej lub głowicy wielotłoczkowej.

Różnica między formowaniem strumieniowym a formowaniem impulsowym polega na innej intensywności oddziaływania sprężonego powietrza na luźno usypaną masę formierską, usytuowaną w szczelnej komorze technologicznej. Dynamika procesu formowania wyraża się szybkością narastania ciśnienia w przestrzeni nad masą formierską oraz czasem jego trwania.

Proces formowania strumieniowego realizowany jest przy szybkości narastania ciśnienia do ok. 1 MPa/s. Przy formowaniu strumieniowym zawór impulsowy działa dłużej (do 1,2s), przepuszczając do formy znacznie większą ilość sprężonego powietrza. Zwiększona dawka powietrza, przeciskając się przez masę formierską, po najmniejszych liniach oporu, działa na nią zagęszczająco. Po dojściu w obszar płyty modelowej uchodzi do atmosfery przez odpowietzniki.

Dla skutecznej realizacji formowania strumieniowego należy stosować znaczne odpowietrzenie płyty modelowej, aby odprowadzić do atmosfery zużyte powietrze. W praktyce, przy formowaniu strumieniowym z udziałem skomplikowanych modeli, stosuje się odpowietrzanie płyty modelowej dochodzące do 8% powierzchni skrzyni formierskiej. Tak znaczna powierzchnia odpowietrzania odbywa się kosztem powierzchni przewidzianej na model.

Proces formowania impulsowego realizowany jest przy gradiencie ciśnienia powyżej 10 MPa/s i dochodzi do 300 MPa/s. Tak szybki przyrost ciśnienia powoduje, że impuls sprężonego powietrza ma wystarczającą dynamikę aby w bardzo krótkim czasie zagęścić masę formierską. Dlatego zawory impulsowe maszyn formierskich cechują się nagłym otwarciem i natychmiastowym jego zamknięciem. W efekcie ilość sprężonego powietrza zdolna zagęścić formę jest bardzo mała.

Formowanie impulsowe nie wymaga tak dużej powierzchni odpowietrzającej. W praktyce, dla modeli średnioskomplikowanych, odpowietrzanie formy sprowadza się do zamontowania odpowietrzników w „martwym” polu formy, w pobliżu wewnętrznych ścianek skrzyni formierskiej. Stanowi to przeważnie powierzchnię ok. 1% powierzchni formy i maleje wraz ze wzrostem wielkości skrzyni formierskiej.

Skrzynia formierska:

- 500x 400mm - ok. 1,7%;
- 600x 500mm - ok. 0,7%;
- 1000x 800mm - ok. 0,65 %.

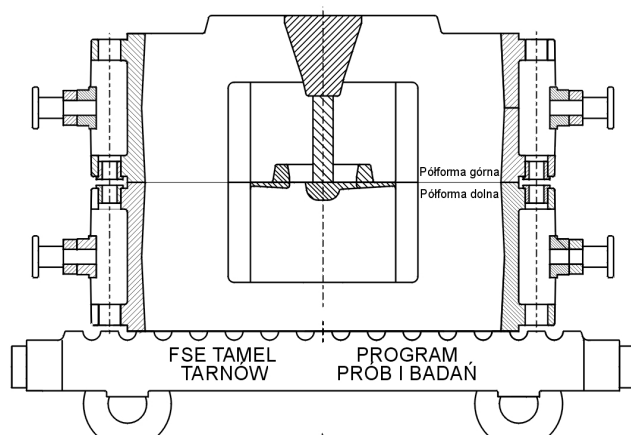
Z uwagi na to, że odpowietrzanie formy tylko pomaga w uzyskaniu dobrej jakości odlewu, firma TECHNICAL – Nowa Sól, we wszystkich oferowanych płytach podmodelowych stosuje wieńcowy układ odpowietrzników usytuowany na obrzeżach formy.

Porównując obie technologie formowania należy stwierdzić, że

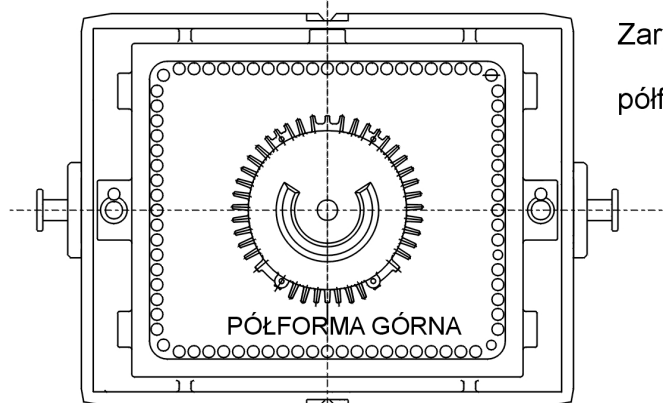
- zagęszczanie obiema technologiami jest bardzo skuteczne;
- formowanie strumieniowe wymaga dodatkowego dogęszczenia formy w zakresie średnich i wysokich nacisków jednostkowych;
- formowanie strumieniowe cechuje się zwiększonym zużyciem sprężonego powietrza i znaczną powierzchnią odpowietrzania;

- formowanie impulsowe jest formowaniem zasadniczym i może występować samoistnie, jednakże zaleca się dogęszczanie górnych warstw formy w zakresie niskich nacisków jednostkowych;
- formowanie impulsowe nie wymaga zbyt dużej powierzchni odpowietrzania, a w niektórych przypadkach odpowietrzanie jest zbędne.

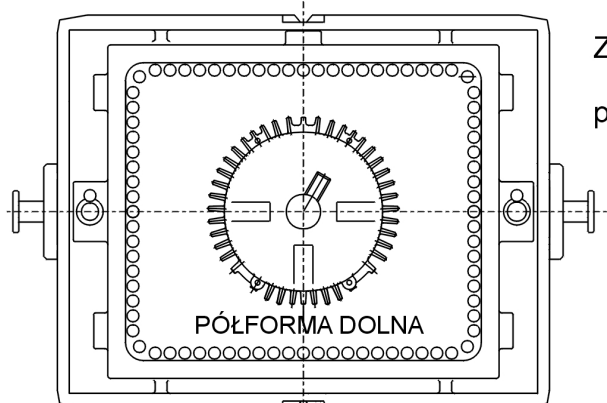
a) Sposób zalewania form
korpusów silników elektrycznych



b) Zarys wnętrza
półformy górnej



c) Zarys wnętrza
półformy dolnej



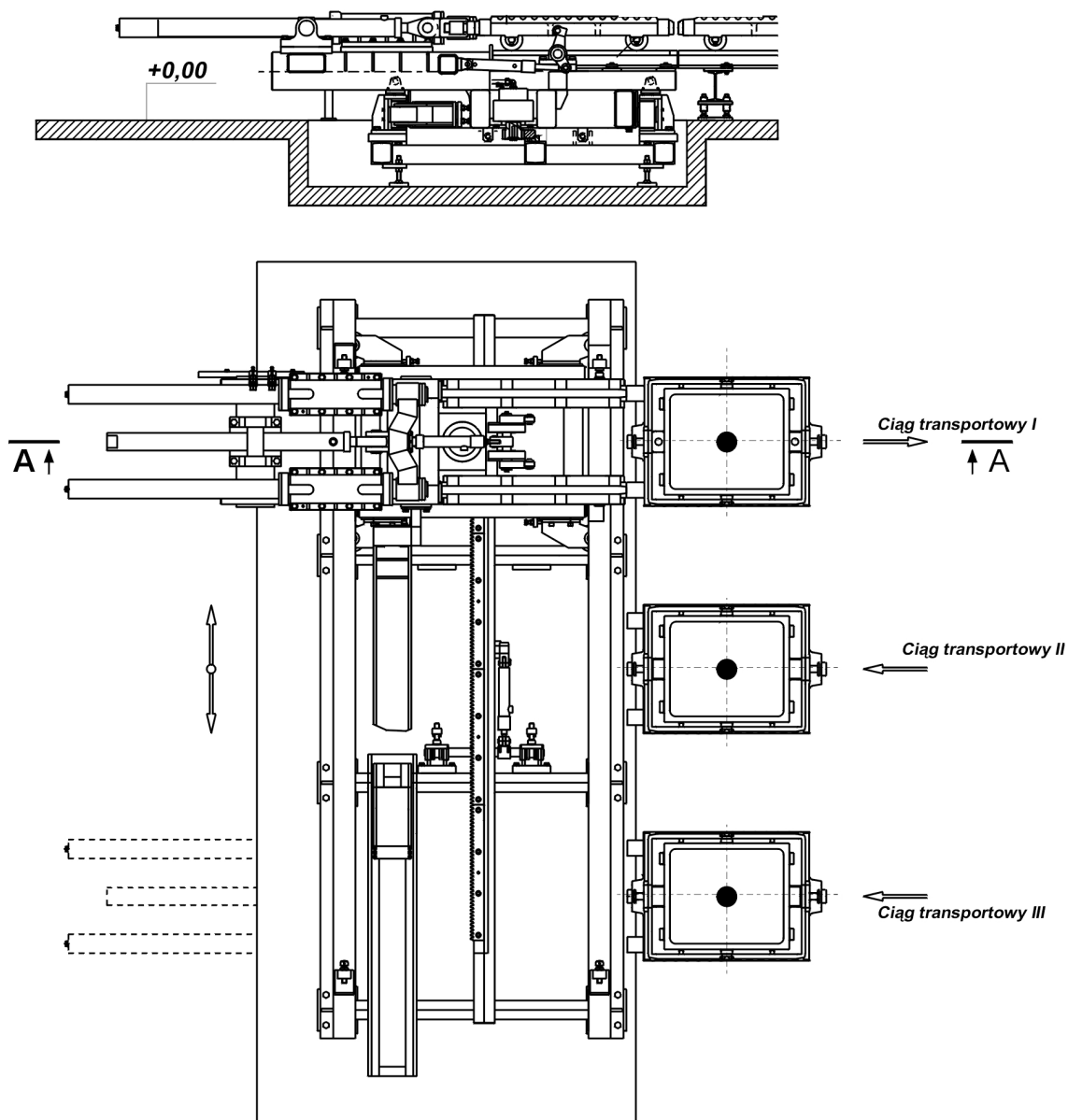
Rys.4. Formowanie korpusów silników elektrycznych w Odlewni żeliwa FSE TAMEL-Tarnów

2.4. Przenośnik odlewniczy.

Przenośnik odlewniczy [PO] (rys. 5) służy do transportu form od stanowiska ich składania poprzez formy stanowisko zalewania ciekłym metalem, aż do stanowiska zdejmowania form, celem ich wypchnięcia na wypycharce.

Przenośnik odlewniczy składa się z następujących głównych zespołów:

- Torowisko;
- Wózki podformowe;
- Przesuwnica I;
- Przesuwnica II;
- Odciąg stanowiska zalewania;
- Podest zalewowy.



Rys. 5. Przenośnik odlewniczy

Powiązanie technologiczne linii formowania z przenośnikiem odlewniczym [PO] rozpoczyna się od momentu złożenia formy na płycie wózka podformowego. Stanowisko składania form usytuowane jest w ciągu transportowym I. Na tym ciągu transportowym odbywają się trzy ważne operacje:

- Operacja składania form i ich klamrowania;
- Operacja zalewania form ciekłym metalem;
- Operacja zdejmowania wychłodzonych form.

Przenośnik odlewniczy pracuje w ruchu automatycznym.

W szafie sterowniczej istnieje możliwość ustawienia czasu tzw. "postoju" przy pomocy którego ustala się czas cyklu pracy.

Na trzech stanowiskach tj.:

- składania form;
- zalewania form;
- zdejmowania form, zainstalowane są przyciski, przy pomocy, których obsługa może zatrzymać automatyczną pracę przenośnika. Po wykonaniu swojej czynności obsługa jest zobowiązana nacisnąć przycisk kontynuacji pracy.

Poszczególne napędy konwojera realizowane są przy pomocy siłowników hydraulicznych poza napędem przesuwnic, które napędzane są silnikami hydraulicznymi obrotowymi.

Przenośnik odlewniczy posiada dwie stacje hydrauliczne zlokalizowane w sąsiedztwie odpowiednich przesuwnic.

Niezbędne sprzężenia w celu realizacji cyklu automatycznego ruchu przenośnika realizuje układ sterowania wyposażony w sterownik PLC. Linie chłodzące przenośnika I i II pracują na przemian.

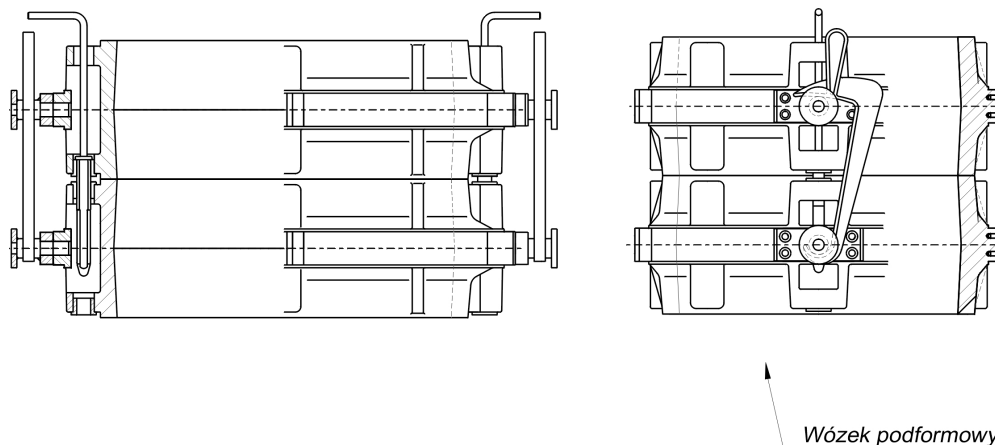
Można też włączyć opcje pracy z jedną linią chłodzącą I lub II. O wyborze opcji i pracy decyduje obsługa linii..

2.5. Skrzynie formierskie.

Linia posiada komplet odlewanych skrzyń formierskich (rys.6). Zestaw skrzyń formierskich składa się z:

- skrzyni formierskiej dolnej;
- skrzyni formierskiej górnej.

Obie skrzynie formierskie, po zaformowaniu składane, są za pomocą dwóch sworzni obcych. Zabezpieczenie skrzyń przed rozszczelnianiem dokonuje się za pomocą dwóch klamer mimośrodowych, które zaciskane są ręcznie na uchwytach transportowych skrzyni dolnej i górnej.



Rys. 6. Skrzynie formierskie 600x500x250/250

Skrzynie dolne mają budowę symetryczną i mogą być odwracane o 180° nie sprawiając problemów w procesie formowania. Posiadają tulejki centrujące oraz dwie tulejki ustalające (owalne).

Skrzynia formierska górna jest skrzynią niesymetryczną. W dolnej części skrzynia posiada jedną tulejkę centrującą i jedną ustalającą. Natomiast w części górnej skrzynia nie posiada tulejek, jednakże ma przewidziane miejsce pod te tulejki. W systemie transportu automatycznego skrzyń formierskich tulejki w górnej części są niezbędne.

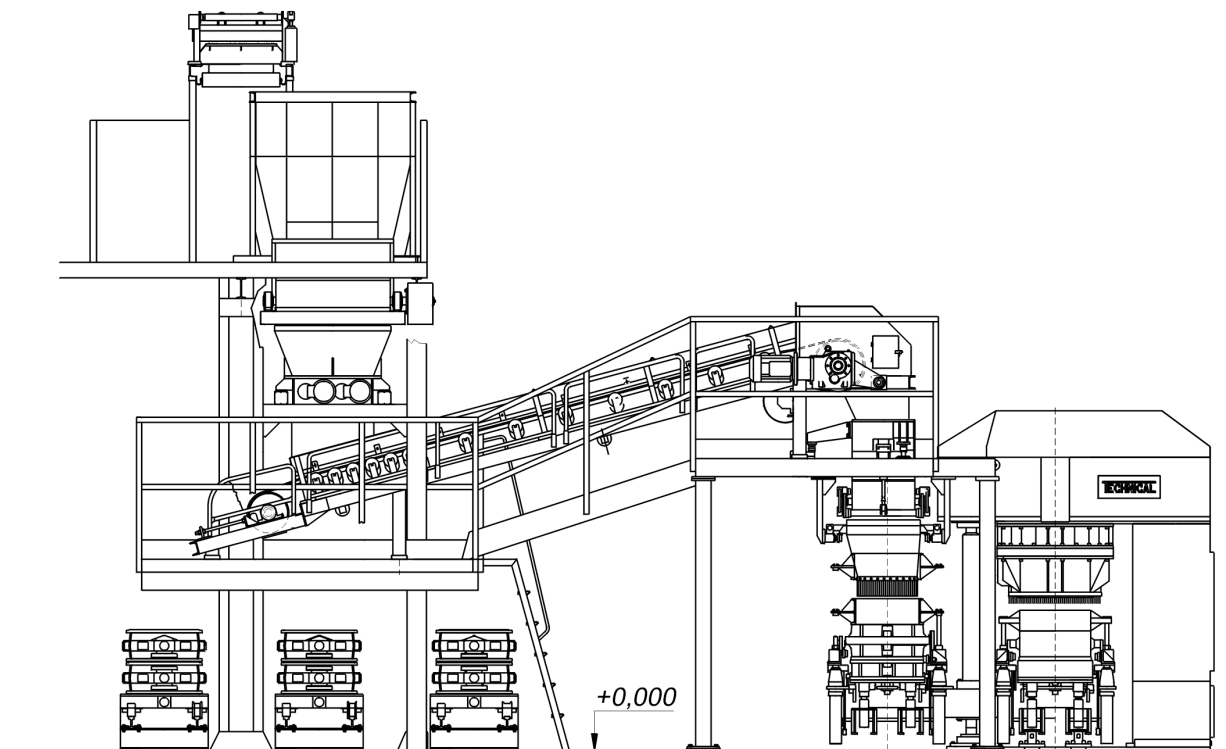
Skrzynie formierskie pracują w linii formierskiej w obiegu zamkniętym. Posiadają wyodrębnione powierzchnie transportowe i podziałowe. Powierzchnie transportowe wykorzystywane są tylko do transportu rolkowego skrzyni i półform odlewniczych. Powierzchnie podziałowe wykorzystywane są do ustalania skrzyń w procesie formowania i operacji składania form. Rozdzielenie powierzchni transportowych i podziałowych sprawia, że żywotność tych powierzchni, a tym samym skrzyń formierskich znacznie wzrasta, szczególnie powierzchni podziałowych. Transport pionowy skrzyń, półform i form odbywa się za pomocą uchwytów transportowych przynależnych do każdej skrzyni formierskiej.

2.6. Zespół dozowania masy formierskiej do maszyn formierskich.

Zespół dozowania masy (rys. 7) przeznaczony jest do zasilania linii formierskiej w świeżą masę formierską w celu cyklicznego wykonywania form.

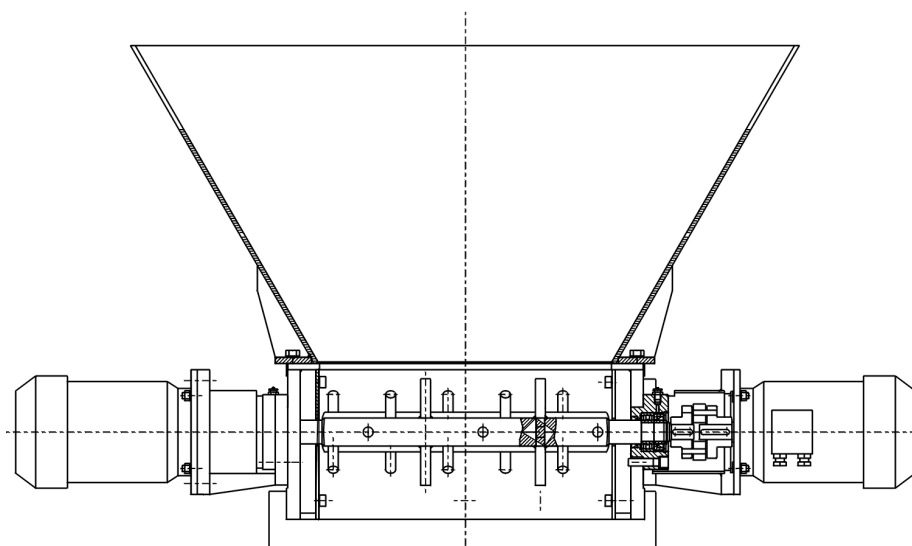
W skład zespołu wchodzi następujące podzespoły funkcjonalne:

- Zbiornik masy magazynuje świeżą masę formierską celem jej przekazania na stanowisko formowania w żądanym czasie;
- Dozownik taśmowy umieszczony pod zbiornikiem masy transportuje masę formierską ze zbiornika masy na usytuowany poprzecznie przenośnik taśmowy;
- Spulchniarka jest przeznaczona do spulchniania masy świeżej w trakcie jej przesypu z dozownika masy na przenośnik taśmowy;
- Przenośnik taśmowy służy do transportu masy formierskiej do wagi elektronicznej (tensometrycznej) usytuowanej nad maszyną formierską;
- Zsyp jezdny służy do kierowania porcji zadozowanej masy formierskiej z dozownika wagi tensometrycznej do zestawu skrzynia formierska i ramka nadmiarowa.



Rys. 7. Zespół dozowania masy formierskiej.

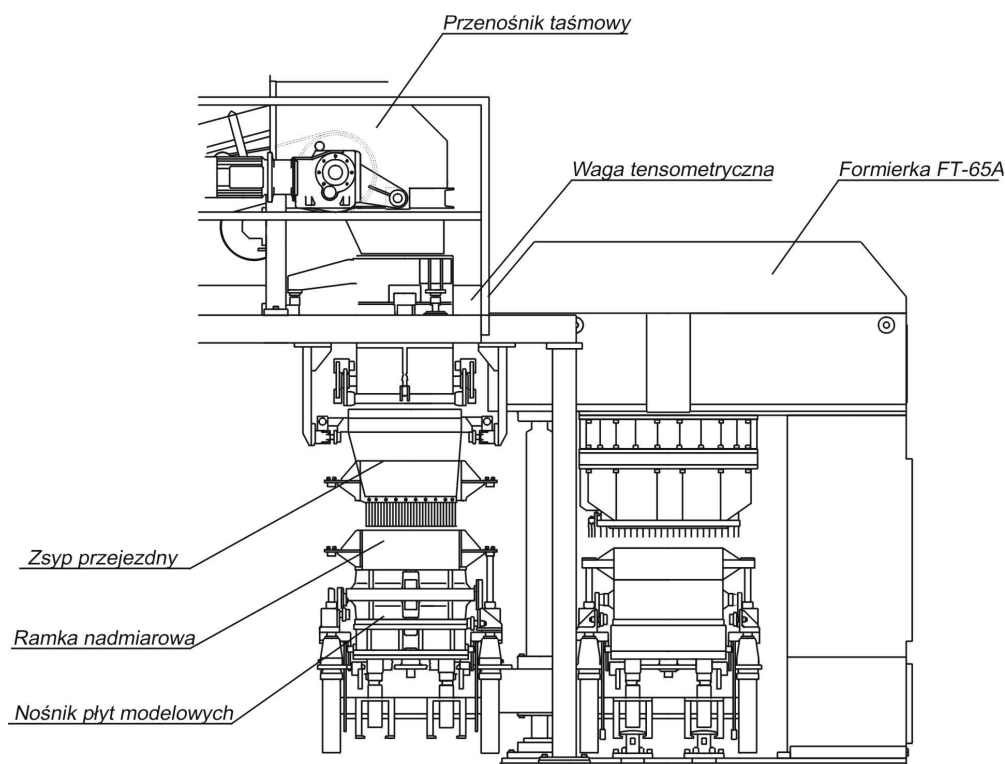
Spulchniarka (rys. 8) składa się z obudowy, w której zamocowane są cztery wirniki ułożyskowane tocznie za pomocą łożysk. Wirniki napędzane są silnikami elektrycznymi poprzez sprzęgła podatne. Otwarte komory łożyskowe uszczelnione są pierścieniami uszczelniającymi, a smar uzupełniany jest poprzez smarowniczkę. Do górnej części obudowy mocowany jest zsyp kierunkowy.



Rys. 8. Spulchniarka masy formierskiej

Dozownik wagowy (rys. 9) składa się z korpusu do boków którego przykręcone są trzy podpory. Podpory dozownika wagowego spoczywają na trzech przetwornikach tensometrycznych siły. Przetworniki tensometryczne posadowione są na podstawie dozownika wagowego, która spoczywa na konstrukcji nośnej zespołu dozowania masy.

W dolnej części korpusu, zamontowane są systemy dźwigni, do których montowane są cztery ruchome kłapy zamykające od spodu dozownik wagowy. Układy dźwigniowe i kłapy poruszane są za pomocą dwóch cylindrów pneumatycznych. Cylindry wyposażone są w czujniki kontaktronowe kontrolujące otwarcie lub zamknięcie kłap. Układy dźwigniowe ułożyskowane są tocznie za pomocą łożysk kulkowych wahliwych uszczelnionych pierścieniami uszczelniającymi.



Rys. 9. Dozownik wagowy masy formierskiej

Zespół dozowania masy swoim zakresem działania obejmuje magazynowanie masy świeżej w zbiorniku oraz jej transport, naważanie i dozowanie do maszyny formierskiej.

Dozownik taśmowy wybiera ze zbiornika masę formierską i ją transportuje na poprzecznie usytuowany przeñośnik taśmowy. Na przesypie, między dozownikiem masy a przeñośnikiem taśmowym, umieszczona jest spulchniarka masy, która intensywnie spulchnia przesypaną masę. W dalszej kolejności masa formierska jest transportowana do dozownika wagowego umieszczonego nad stanowiskiem dozowania masy formierskiej. Aby masa formierska nie uległa wysychaniu i zachowywała w miarę stałe parametry wilgotności, przeñośnik taśmowy jest zabudowany.

W dozowniku wagowym następuje odmierzanie żądanej porcji masy formierskiej. System odmierzania porcji masy jest sterowany za pomocą sterownika swobodnie programowalnego PLC i umożliwia :

- dowolne nastawy porcji masy formierskiej;
- ewentualne monitorowanie i rejestrację procesu dozowania.

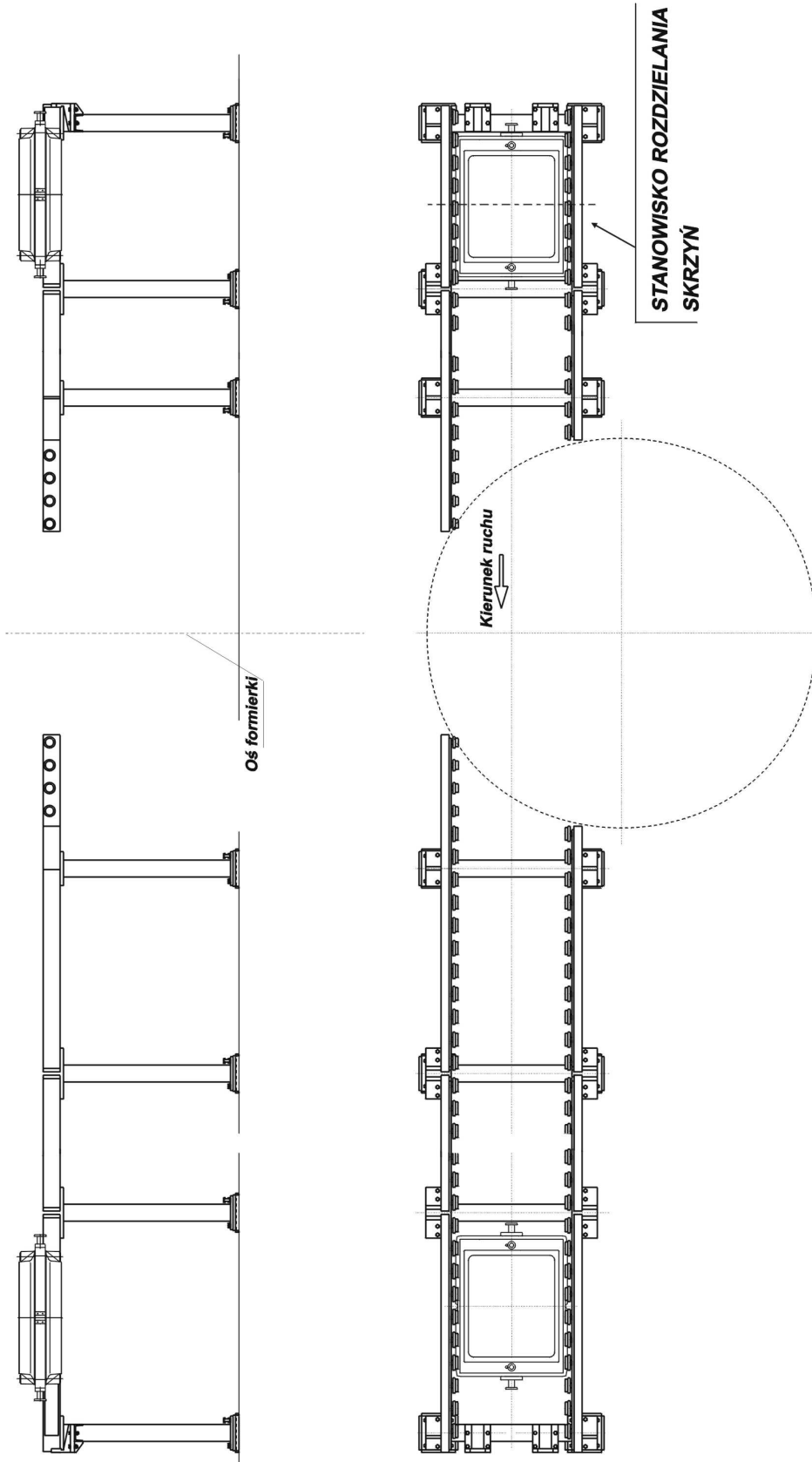
Po odważeniu porcji masy następuje otwarcie dozownika i porcja masy zostaje zadozowana do komory złożonej ze skrzyni formierskiej i ramki nadmiarowej. Z uwagi na zwiększoną odległość między poziomem płyty modelowej, a poziomem dozownika spadająca porcja masy kierowana jest do skrzyni formierskiej poprzez przejezdny zsyp kierunkowy. Jego zastosowanie powoduje, że proces dozowania masy jest bardziej szczelny, a jej przesypy zminimalizowane. Po operacji dozowania masy dozownik wagowy zostaje zamknięty i proces przygotowania masy do zadozowania może zostać powtórzony. Ręczne odsunięcie zsypu kierunkowego w bok umożliwia łatwy dostęp do stanowiska formowania i ułatwia wykorzystanie dodatkowych operacji na półformie, np. zakładanie i zdejmowanie modelu odciskowego wlewu głównego.

2.7. Przenośniki rolkowe I i II.

Przenośnik rolkowy PR I (rys. 10) służy do transportu skrzyń formierskich od wypycharki [WP] do maszyny formierskiej [MF] oraz do transportu półform dolnych i górnych z maszyny formierskiej do stanowiska zgarniania nadmiaru masy. Na przenośniku rolkowym przed formierką dokonuje się oględzin skrzyń formierskich, oraz w zależności od potrzeby oczyszczenia powierzchni podziałowych.

Po zaformowaniu, na przenośniku rolkowym następuje ścinanie nadmiaru masy w półformie dolnej oraz wykonanie zbiornika wlewowego w półformie górnej.

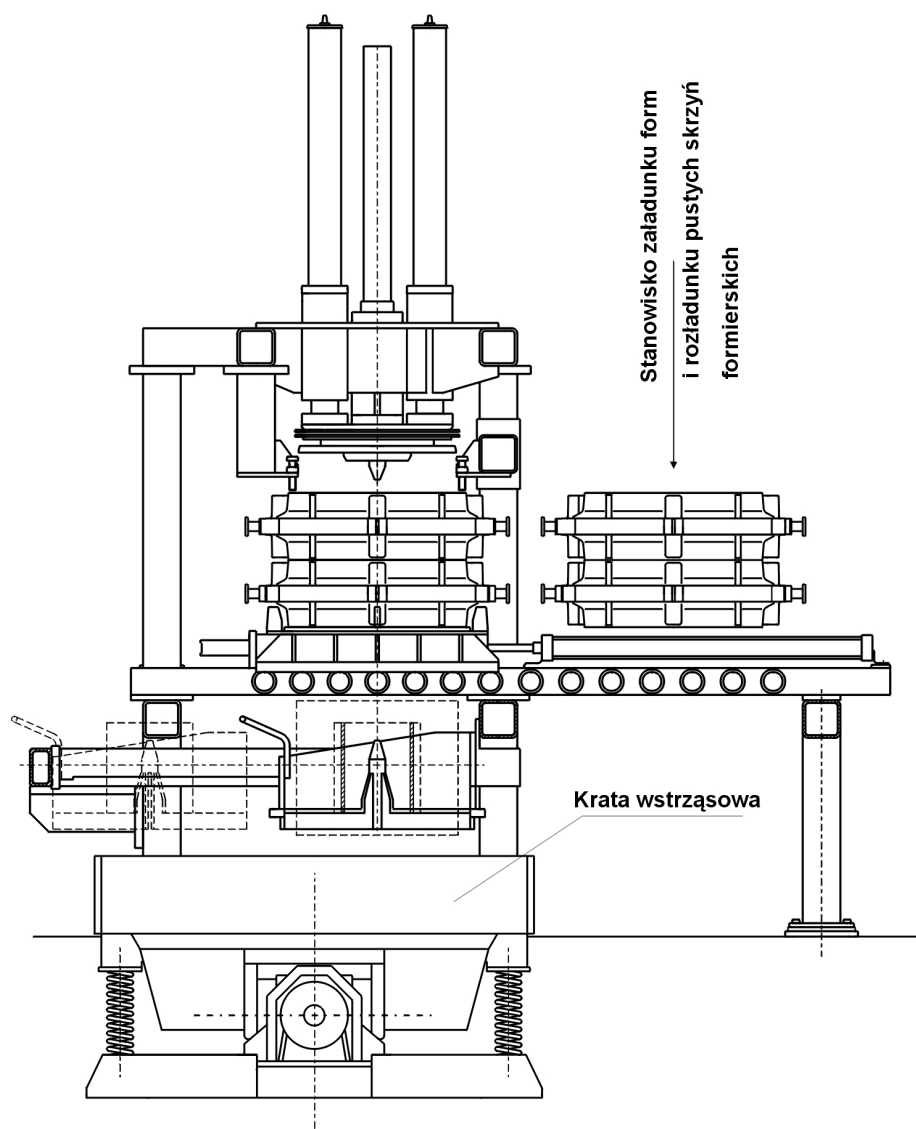
Przenośnik rolkowy PR II (rys. 10) służy do magazynowania form zdejmowanych z przenośnika odlewniczego oraz transportu form w obręb stanowiska wypychania. Wykorzystywany jest do transportu form między zasięgiem działania elektrowciągu III i obszaru działania elektrowciągu II. Współpracuje z tymi elektrowciągami i dodatkowo wykorzystywany jest jako magazyn form. Nie posiada własnych zespołów napędowych i dźwigowych.



Rys.10. Przenośniki rolkowe

2.8. Wypycharka.

Wypycharka [WP](rys. 11) jest przeznaczona do wypychania pakietu masy wraz z odlewem z zestawu skrzyń formierskich.



Rys. 11. Wypycharka

Wypycharka składa się z n/w zespołów głównych:

- Wypychacz,
- Wózek,
- Zespół odbioru odlewów,
- Konstrukcja nośna.

Wypychacz posiada ramę nośną stanowiącą górną część konstrukcji nośnej wypycharki. Wyposażony jest w stempel prowadzony dwoma chromowanymi prowadnicami. Stempel napędzany jest cylindrem hydraulicznym zamocowanym na ramie nośnej. Stempel składa się z korpusu do którego od dołu montowana jest wymienna płyta stempla. Kształt płyty może być zmienny i jest uzależniony od asortymentu wypychanych odlewów. Na obwodzie korpusu

(powyżej płyty stempla) mocowany jest podwójny fartuch gumowy, którego zadaniem jest czyszczenie wewnętrznych ścian skrzyń formierskich.

Między słupami konstrukcji nośnej (w dolnej jej części) posadowiona jest krata wstrząsowa. W połowie wysokości słupów nośnych usytuowane są listwy rolkowe po których przemieszcza się wózek z zalaną formą. Wózek napędzany jest dwoma cylindrami pneumatycznymi zamocowanymi na listwach rolkowych, które przemieszczają go ze stanowiska załadunku na stanowisko wypychania form i odwrotnie.

Pod listwami rolkowymi mocowany jest zespół odbioru odlewów, który składa się z własnej konstrukcji nośnej, na której posadowione są listwy jezdne. Po listwach przemieszcza się wózek odbioru odlewów, który na swoich dwóch ścianach bocznych posiada rolki transportowe.

Cykl pracy wypycharki rozpoczyna się od ręcznego ustawienia form w wózku na stanowisku załadunku wypycharki. Dalszy proces wypychania odbywa się samoczynnie. Następuje przejazd wózka ze stanowiska załadunku na stanowisko wypychania form z zestawu skrzyń formierskich. W tym celu stempel wypychacza, przemieszczając się w dolne położenie, wypycha formę wraz z odlewem i po wypchnięciu wraca samoczynnie w górne wyjściowe położenie.

Położenie górne stempla powoduje wyjazd wózka z zestawem pustych skrzyń formierskich w pierwotne położenie (położenie załadunku i rozładunku wypycharki). Zdjęcie skrzyń z wózka wypycharki odbywa się za pomocą elektrowciągu.

Wypychany pakiet masy wraz z odlewem trafia do wózka zespołu odbioru odlewu. Masa formierska przesypuje się przez żebra wózka i trafia na ruszt kraty wstrząsowej, skąd po rozbiciu spada na przenośnik masy zwrotnej. Odlew zostaje osadzony na żebrach wózka odbioru odlewu i wraz z tym wózkiem wysuwany jest ręcznie po listwach rolkowych, na zewnątrz wypycharki. Po usunięciu odlewu, wózek odbioru odlewów wsuwany jest ręcznie w oś stanowiska wypychania. Tak usytuowane mechanizmy stanowią pozycję wyjściową wypycharki.

2.9. Elektrowciągi I, II, III.

Elektrowciągi zastosowano dla wykonywania operacji :

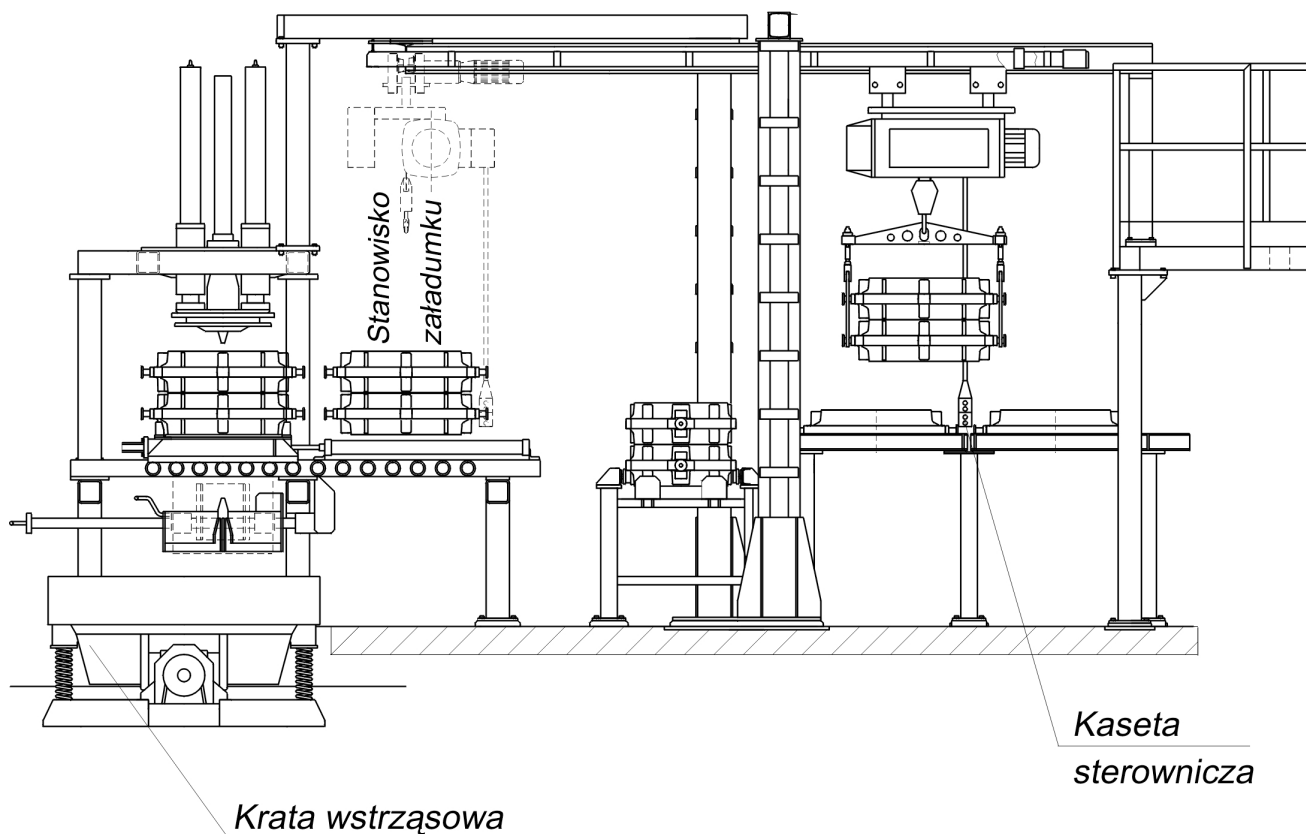
- podnoszenia i opuszczania półform, form pustych skrzyń formierskich
- składania form;
- przenoszenia poziomego skrzyń formierskich oraz złożonych form.

Jeden z zastosowanych elektrowciągów w linii formierskiej przedstawia rys. 12.

Elektrowciągi zastępują skomplikowane i drogie maszyny wchodzące w skład linii formierskiej, takie jak :

- składarka;
- rozdzielarka;
- narożniki (zmian kierunku ruchu);

spychacze. Stopniowa eliminacja elektrowciągów i zastępowanie ich w/w maszynami i urządzeniami umożliwia dalszą automatyzację pracy linii, a tym samym powoduje zmniejszania ilości osób bezpośredniej obsługi linii.



Rys. 12. Elektrowciąg

3. Podsumowanie.

Omówiona powyżej linia formierska jest realizacją zadania polegającego na zbudowaniu linii technologicznej, w której zachodzi kompromis między wysokim poziomem automatyzacji a stosunkowo niskim kosztem inwestycyjnym.

Linia w wyniku zastosowania nowoczesnej formierki i zautomatyzowanego przenośnika odlewniczego gwarantuje wysokiej jakości formę, zadowalającą wydajność oraz rytmikę produkcji.

Odlewy korpusów silników elektrycznych produkowane na omówionej linii formierskiej charakteryzują się wysokim stopniem dokładności, wysoką jakością powierzchni, dokładnością odwzorowywania oraz niskim procentem braków produkcyjnych. Linia formierska umożliwia produkcję różnej wielkości korpusów silników elektrycznych, które spełniają wysokie wymagania obecnego rynku odbiorców silników elektrycznych

Konfiguracja linii przewiduje możliwość dalszej jej rozbudowy i automatyzacji przez zastosowanie dodatkowych maszyn i urządzeń.

Firma TECHNICAL kontynuując wieloletnie tradycje produkcji maszyn odlewniczych Nowej Soli, oferuje obecnie dla przemysłu odlewniczego linie formierskie oraz stanowiska formierskie oparte na najnowszej technologii formowania impulsowo – prasującego.

Wszystkie maszyny i urządzenia wchodzące w skład linii formierskiej są konstruowane i wykonywane w zakładzie produkcyjnym TECHNICAL – Nowa Sól.

GNIAZDO FORMIERSKIE Z WIELOZAWOROWĄ GŁOWICĄ IMPULSOWĄ

Tadeusz Mikulczyński

Zdzisław Samsonowicz

Mirostaw Ganczarek

**Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej*

Janusz Polański

Ryszard Ślufarski

***Oddział Odlewni Zakładów Mechanicznych LEGMET w Legnicy*

Zaprezentowano prototypowe gniazdo formierskie z wielozaworową głowicą impulsową, przeznaczone do wytwarzania form odlewniczych w skrzynkach 500x470x250 mm. Warto zaznaczyć, że zastosowane do budowy głowicy zawory impulsowe, stanowiące samodzielne podzespoły, umożliwiają budowę głowicy wielozaworowej przeznaczonej do formowania w skrzynkach o praktycznie dowolnych wymiarach. Przedstawione gniazdo przeszło pozytywnie badania testujące i jest obecnie wykorzystywane w Oddziale Odlewni Zakładów Mechanicznych LEGMET w Legnicy do bieżącej produkcji form na odlewy żeliwne i stalowe. Wśród głównych efektów zastosowania zagęszczania impulsowego należy wymienić: poprawę jakości form, a zatem i odlewów, zmniejszenie ilości braków odlewów, poprawę dokładności wymiarowej odlewów i zmniejszenie nadatków na obróbkę mechaniczną. Gniazdo z głowicą wielozaworową może znaleźć zastosowanie w każdej odlewni stosującej klasyczne masy formierskie.

1. Wstęp.

W ramach realizacji Projektu Badawczego pt. „Badania nowej głowicy do impulsowego zagęszczania mas formierskich”, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych została opracowana nowa, wielozaworowa głowica impulsowa [1]. Podstawowym elementem głowicy jest, dotychczas niestosowany w głowicach impulsowych, samoczynny zawór pneumatyczny [2], [4]. Charakteryzuje się on niezwykle prostą konstrukcją i - co najbardziej istotne - bardzo dużą dynamiką wewnętrzną. Czas otwierania zaworu jest rzędu ułamka milisekundy [3].

Do głównych zalet opracowanej konstrukcji wielozaworowej głowicy impulsowej można zaliczyć możliwość jej stosowania do formowania w skrzynkach o dowolnych wymiarach. Zmiana gabarytów skrzynki formierskiej wymaga zmiany wymiarów płyty roboczej i liczby samoczynnych zaworów pneumatycznych.

Badania przemysłowe wielozaworowej głowicy impulsowej zostały zrealizowane we współpracy z Oddziałem Odlewni Zakładów Mechanicznych LEGMET w Legnicy, na opracowanym i wykonanym tam stanowisku badawczym [1].

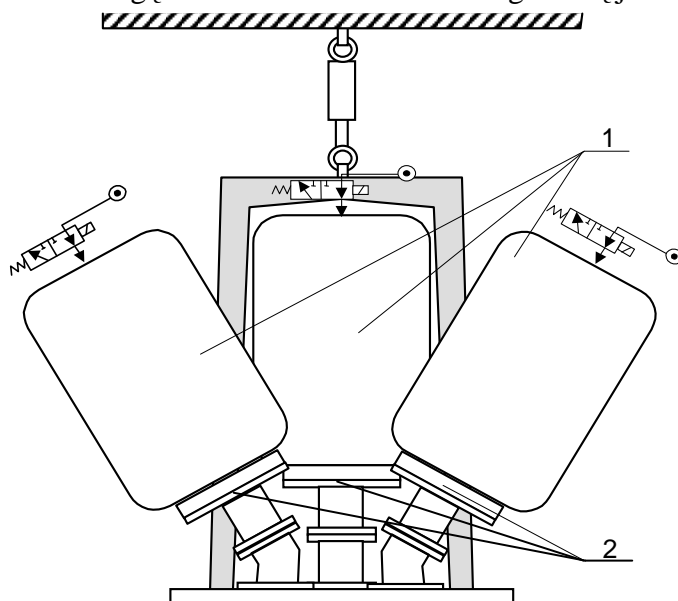
Opracowana i zbadana w warunkach przemysłowych pięcizaworowa głowica impulsowa została wykorzystana do wykonywania form w skrzynkach 500x470x250 mm, które są używane w OO ZM LEGMET.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że pięcizaworowa głowica impulsowa zapewnia bardzo dobre efekty zagęszczenia masy formierskiej. Świadczy o tym uzyskiwana twardość powierzchniowa form wynosząca $T_A = 88-90$ jednostek, przy ciśnieniu początkowym formowania impulsowego wynoszącym $p_0 = 0,60$ MPa.

Wyniki badań pięcizaworowej głowicy impulsowej stanowiły podstawę do podjęcia przez kierownictwo OO ZM LEGMET decyzji o budowie uproszczonego prototypu gniazda formierskiego do impulsowego wytwarzania form odlewniczych.

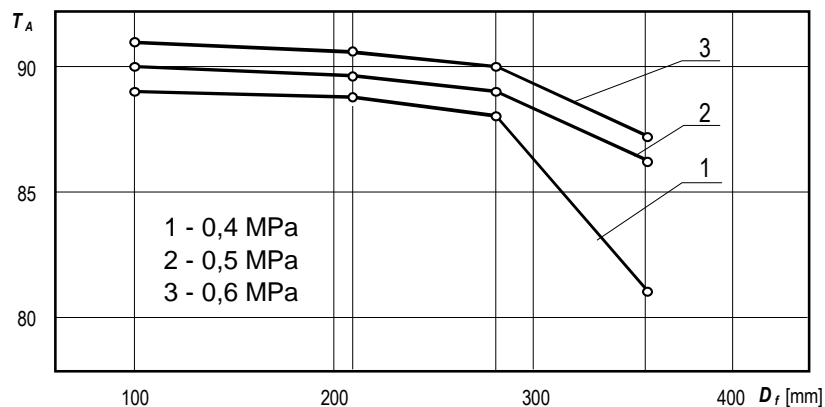
2. Wielozaworowa głowica impulsowa.

Schemat wielozaworowej głowicy impulsowej pokazano na rysunku 1. Głowica jest przeznaczona do formowania w skrzynkach $600 \times 500 \times 200 \pm 300$ mm. Jest ona wyposażona w pięć gniazd zaworowych, których wymaganą liczbę wyznaczono na podstawie wyników badań laboratoryjnych skuteczności zagęszczania mas formierskich głowicą jednozaworową.



Rys. 1. Schemat wielozaworowej głowicy impulsowej: 1 – jednozaworowe głowice impulsowe, 2 – gniazda zaworowe.

W badaniach laboratoryjnych zastosowano okrągłe skrzynki formierskie o różnych średnicach. Wpływ średnicy skrzynki formierskiej na efekty zagęszczania impulsowego masy formierskiej zilustrowano na rysunku 2.



Rys. 2. Zmiany twardości powierzchniowej form w funkcji ich średnicy dla różnych wartości ciśnienia początkowego formowania impulsowego.

Dla samoczynnego zaworu pneumatycznego badanej jednozaworowej głowicy impulsowej można wyznaczyć współczynnik pozwalający na ocenę skuteczności formowania impulsowego, który określa następujący wzór:

$$K_f = \left(\frac{D_z}{D_f} \right)^2 \quad (1)$$

w którym: D_z - średnica zaworu, D_f - średnica formy.

Współczynnik K_f można wykorzystać do wyznaczania wymaganej liczby gniazd zaworowych głowicy wielozaworowej. Określa ją wzór:

$$n \geq 0,11 \frac{P_f}{P_z} \quad (2)$$

w którym: n - liczba zaworów, P_z - pole powierzchni zaworu, P_f - pole powierzchni formy.

Wyznaczona ze wzoru (2) liczba gniazd pozwala na uzyskiwanie założonej twardości powierzchniowej formy. W przypadku założenia uzyskania twardości $T_A > 89$ jednostek, współczynnik K_f musi mieć wartość większą od 0,11.

W przypadku budowy głowicy przeznaczonej do zagęszczania masy formierskiej w skrzynkach 600x500x250 mm, wymagana liczba gniazd zaworowych powinna wynosić

$$n \geq 0,11 \cdot \frac{3000}{3,14 \cdot 25} \cong 4,2 \quad (3)$$

W związku z powyższym głowica została wyposażona w pięć gniazd zaworowych, które zostały rozmieszczone w świetle płyty roboczej głowicy w taki sposób, aby został zapewniony równomierny stopień zagęszczenia masy formierskiej w całej objętości formy. Głowica została wykonana w OBR Elementów i Układów Pneumatyki w Kielcach.

Badania przemysłowe pięciozaworowej głowicy impulsowej zostały zrealizowane w Oddziale Odlewni Zakładów Mechanicznych LEGMET w Legnicy. Głowica została wykorzystana do budowy uproszczonego prototypowego gniazda do zagęszczania impulsowego masy formierskiej w skrzynkach 500x470x250 mm, które są używane w Odlewni LEGMET. Stąd można stwierdzić, że głowica mogłaby mieć tylko 4 gniazda zaworowe, a w przypadku zbiornika sprężonego powietrza o większej pojemności tylko 3 gniazda.

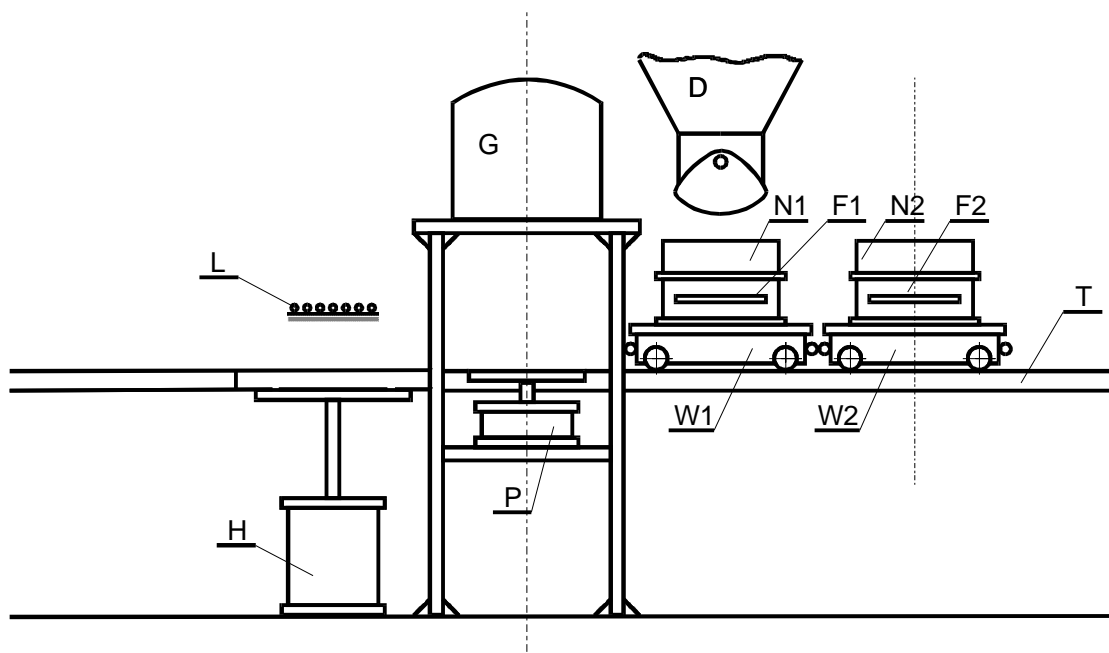
Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne głowicy, jak również uproszczonego prototypu gniazda formierskiego (opisanego w następnym rozdziale) zostało podyktowane środkami ekonomicznymi, które były dostępne w ramach realizowanego projektu badawczego, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Niewątpliwie w przypadku budowy wersji przemysłowej wielozaworowej głowicy impulsowej stanowiłby ją jeden zbiornik sprężonego powietrza z gniazdami zaworowymi, rozmieszczonymi w świetle płyty roboczej w identyczny sposób, jak to zostało zrealizowane w prezentowanym prototypie.

3. Uproszczony prototyp gniazda do formowania impulsowego.

W wyniku podjętych prac koncepcyjnych powstało kilka wersji zmechanizowanego gniazda, spośród których skierowaną do realizacji pokazano schematycznie na rysunku 3.

Uproszczony prototyp gniazda, według przyjętej koncepcji, umożliwia wykonywanie dwóch półform w skrzynkach 500x470x250 mm. Uzyskano to dzięki umieszczeniu na torze T dwóch wózków W1 i W2, na których są zainstalowane płyty modelowe M1 i M2 oraz zestawy: skrzynki formierskie (F1 i F2) i ramki nadmiarowe (N1 i N2).



Rys. 3. Schemat koncepcji zmechanizowanego gniazda z pięciozaworową głowicą impulsową.

Po zasypaniu masą formierską zestawu (F1+N1) wózek W1 jest przemieszczany pod głowicę impulsową G, natomiast W2 pod dozownik D. W tej pozycji następuje uszczelnienie układu głowica impulsowa - przestrzeń technologiczna, w wyniku dociśnięcia za pomocą siłownika hydraulicznego P wózka W1 wraz z zestawem F1+N1 do płyty roboczej głowicy impulsowej. Po uszczelnieniu przestrzeni technologicznej następuje impulsowe zagęszczenie masy formierskiej. W tym samym czasie jest realizowane zasypywanie masą formierską zestawu F2+N2.

Po wycofaniu tłoczyska siłownika P do pozycji wyjściowej jest wykonywane przesunięcie wózka W2 na pozycję pod głowicą G i jednocześnie wózek W1 zostaje przemieszczony na stanowisko wyciągania modeli.

W tej pozycji zostaje zdjęta nadstawka N1, i w tym samym czasie na stanowisku pod głowicą G następuje impulsowe zagęszczenie masy w zestawie F2+N2.

Wyciąganie modeli z formy F1 jest realizowane w wyniku wsuwu tłoczyska siłownika H, co powoduje opuszczenie w dół wózka W1 i płyty modelowej M1. Forma F1 zostaje odtransportowana na miejsce składania i zalewania form.

Wysuw tłoczyska siłownika H do pozycji wyjściowej umożliwia przemieszczenie zestawu F2+N2 na stanowisko wyciągania modeli i usunięcie zestawu modelowego M2, oraz przetransportowanie półformy F2 na stanowisko składania i zalewania form.

Uproszczony prototyp gniazda do formowania impulsowego, zrealizowany przez OO ZM LEGMET według opisaną powyżej koncepcji, pokazano na rysunku 4.

a) widok od strony stanowiska do zasypywania skrzynek masą formierską



b) stanowisko impulsowego zagęszczania masy formierskiej



c) widok od strony stanowiska do wyciągania modeli



Rys. 4. Gniazdo do formowania impulsowego

Jest on wykorzystywany do bieżącej produkcji form na odlewy żeliwne i stalowe. W zamyśle kierownictwa Odlewni jest zastąpienie dotychczas stosowanych formierek typu FKT formierekami impulsowymi z głowicami wielozaworowymi.

4. Zakończenie.

Opracowane i wdrożone prototypowe gniazdo formierskie z wielozaworową (5-cio) głowicą impulsową umożliwia wykonywanie dwóch półform w skrzynkach 600x500x200÷300 mm.

Zastosowane do budowy głowicy gniazda zaworowe (zawory impulsowe), stanowiące samodzielne, samoczynnie działające podzespoły, mogą być rozmieszczone na płaszczyźnie płyty roboczej głowicy w liczbie zapewniającej równomierny rozkład stopnia zagęszczenia masy formierskiej w całej objętości formy.

Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne głowicy wielozaworowej umożliwia budowę głowic do impulsowego zagęszczania form odlewniczych w skrzynkach o dowolnych wymiarach. Gabaryty skrzynki określają trzy podstawowe parametry głowicy impulsowej: objętość zbiornika akumulacyjnego, gabaryty płyty roboczej i liczbę gniazd zaworowych. Wyniki badań przemysłowych prototypowego gniazda formierskiego z pięcizaworową głowicą impulsową potwierdziły zalety głowicy oraz procesu impulsowego zagęszczania mas formierskich.

W wyniku zastosowania zagęszczania impulsowego głowicą wielozaworową uzyskano następujące efekty:

- poprawę jakości form odlewniczych: wysoki i równomierny stopień zagęszczenia masy formierskiej w całej objętości formy, duża dokładność wymiarowa formy;
- poprawę jakości odlewów;

- wytwarzanie odlewów o większej dokładności wymiarowej - stosowanie mniejszych naddatków na obróbkę mechaniczną;
- zmniejszenie ilości błąków odlewów

oraz poprawę warunków pracy przez wyeliminowanie wibracji na stanowisku pracy.

Na podstawie wyników pomiarów natężenia hałasu na stanowiskach formierskich z formierkami FKT i w gnieździe z głowicą impulsową można stwierdzić, że formowanie impulsowe nie zmniejsza poziomu emisji hałasu, jednakże jest ona wielokrotnie krótsza niż podczas formowania wstrząsowo - prasującego.

Do głównych i wyróżniających prezentowane gniazdo zalet należy zaliczyć:

- bardzo dobre efekty zagęszczania mas formierskich,
- bardzo niski koszt głowicy i gniazda do impulsowego zagęszczania mas formierskich.

Wymienione zalety mogą być bardzo atrakcyjne dla każdej odlewni stosującej klasyczne masy formierskie oraz chcącej wyeliminowania z gniazd formierskich formierek FKT.

5. Literatura.

- [1] Samsonowicz Z., Mikulczyński T.: Badanie nowej głowicy do impulsowego zagęszczania mas formierskich, Raporty ITMiA Politechniki Wrocławskiej, 1999, ser. SPR nr 30.
- [2] Domżał R., Mikulczyński T., Samsonowicz Z., Stawczyk R.: Nowa jednozaworowa głowica impulsowa, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, t. 17, nr 1. 1997.
- [3] Bogdanowicz J.: Impulsowe zagęszczanie mas formierskich. Badania skuteczności formowania głowicą impulsową z samoczynnym zaworem pneumatycznym, praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 1999.
- [4] Patent PL 17004 B1.

EKSPLOATACJA SKŁADNIKÓW STRUKTURALNYCH W ODLEWNI

*Prof. dr hab. inż. Roman Wrona
Dr inż. Eugeniusz Ziółkowski*

*Katedra Mechanizacji, Automatyzacji i Projektowania Odlewni
Wydział Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica*

1. Wprowadzenie.

Niniejsze opracowanie jest kontynuacją rozważań nad procesem rekonstrukcji odlewni, której celem jest ustalenie momentu czasowego wskazującego na potrzebę odnowy oraz zakresu rzeczowego działań inwestycyjnych.

Ze względu na znaczną szybkość zachodzących zmian konieczne jest prognozowanie tych zmian, które zachodzą nie tylko w odlewni, ale również w jej otoczeniu. Prognozowanie jest niezbędne w tych warunkach, w których trzeba się liczyć:

- z długim czasem istnienia odlewni,
- ze zmianami wynikającymi z postępu technicznego i ekonomicznego,
- z dużym ryzykiem materialnym.

Wypracowanie odpowiedniej metodyki w tym zakresie wymaga przeprowadzenia następujących działań:

- oceny sytuacji w której odlewnia pracuje,
- stworzenia modelu nadającego się do opisu jej rozwoju,
- prognozowania zmian wynikających z procesu starzenia się odlewni.

2. Określenie horyzontu czasowego rozważań prognostycznych.

Podstawą do analizy procesu rekonstrukcji odlewni jest przyjęcie przedziału czasu dla którego będą określane zmiany pod względem rzeczowym, finansowym i ekonomicznym. Dlatego w programie analizy uwzględnia się:

- stan początkowy odlewni,
- dynamikę zmian badanych parametrów,
- ocenę wielkości istotnych np. nakładów i efektów.

Podstawowym celem w badaniu stanów odlewni jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytanie: "w jakim stanie będzie odlewnia po upływie okresu obliczeniowego, jeżeli tempo zjawisk technicznych, ekonomicznych i fizycznych określone na podstawie założeń prognostycznych będzie się kształtowało zgodnie z przyjętymi zasadami przewidywania".

Artykuł opracowano z wykorzystaniem danych z Pracy Statutowej Nr 11.11.170.109 realizowanej przez Katedrę Mechanizacji, Automatyzacji i Projektowania Odlewni

Tematycznie pytania mogą mieć następującą postać:

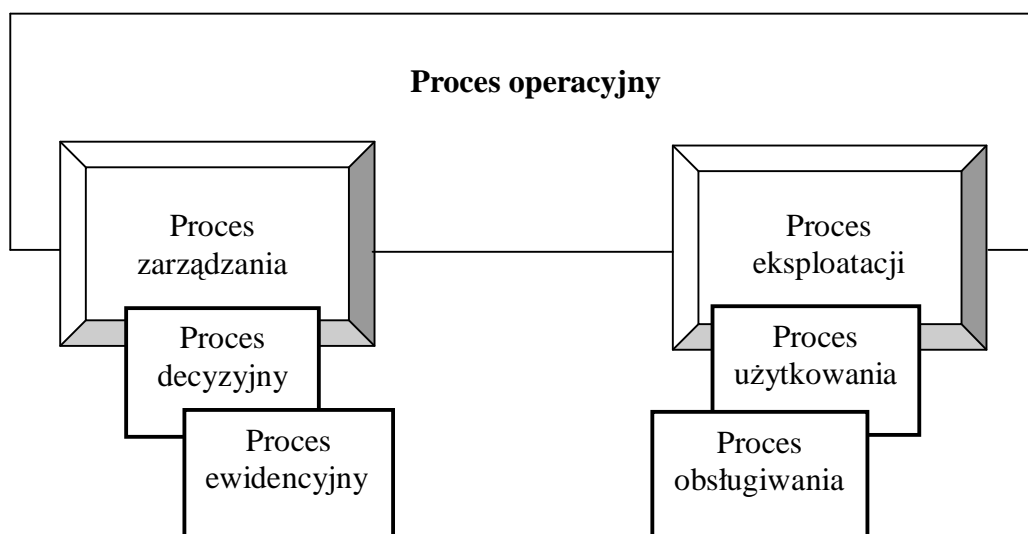
- czy zespoły technologiczno-transportowe tworzące określoną strukturę przestrzenną i produkcyjną w odlewni zapewniają jej sprawną działalność,
- czy w procesie powstają straty (braki, zły stan maszyn, wadliwa technologia, jakość materiałów i surowców) z powodu zużycia się urządzeń, co przejawia się zmniejszeniem zdolności produkcyjnej, wzrostem kosztów obsługi, obciążeniem wartości parku maszynowego.

3. Proces badania stanów eksploatacji.

Z metodycznego punktu widzenia dla celu rekonstrukcji w odlewni przedmiotem badań powinien być proces operacyjny obejmujący:

- a) programowanie eksploatacji urządzeń, stanowisk itp.; polega to na rozpoznaniu warunków działania i okoliczności pojawiających się przy wprowadzeniu do eksploatacji nowych elementów, kosztów wdrożenia,
- b) przygotowanie eksploatacji; polega na organizowaniu eksploatacji, prowadzeniu uzupełniającej działalności inwestycyjnej,
- c) realizację eksploatacji; polega na wykorzystaniu składników strukturalnych odlewni zgodnie z ich przeznaczeniem,
- d) ocenę eksploatacji; polega na badaniu efektywności urządzeń i systemów ich eksploatacji.

Schematycznie strukturę procesu operacyjnego przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Proces operacyjny w odlewni i jego procesy składowe

Wydzielone w strukturze procesu operacyjnego podprocesy są w ścisłym związku z prognozowaniem momentu czasowego rekonstrukcji.

Pierwszy proces zarządzania łączy postępowanie decyzyjne z postępowaniem ewidencyjnym, co jest niezbędne do prowadzenia procesu eksploatacji. Proces ewidencyjny obejmuje wszystkie zdarzenia w sposób uporządkowany w połączeniu z działalnością

organizacyjną odlewni. Natomiast proces decyzyjny obejmuje wszystkie zdarzenia występujące przy przetwarzaniu i przekazywaniu danych dotyczących prognozowania i oceny eksploatacji.

Drugim procesem w strukturze procesu operacyjnego jest proces eksploatacji, który w przyjętej charakterystyce procesu odlewni złożony jest z użytkowaniem urządzeń i ich obsługiwania. Proces użytkowania obejmuje zdarzenia, które związane są z urządzeniami sprawnymi (zdatnymi). W tym procesie działania użytkowników prowadzą do wykonania planowych zadań odlewni. Proces obsługiwania obejmuje zdarzenia, które dotyczą urządzeń niesprawnych (niezdatnych). W tym procesie działania prowadzą do wykonania zadań utrzymania lub odtworzenia.

Badanie procesów eksploatacji dotyczy pojedynczych urządzeń oraz grupy urządzeń, stanowisk itp.

Do problemów badania pojedynczego urządzenia głównie można zaliczyć:

- a) wybór urządzenia, ocenę jego właściwości eksploatacyjnych, trwałość, niezawodność,
- b) stopień wykorzystania,
- c) efektywność działania,
- d) regulację funkcjonowania,
- e) intensywność użytkowania i obsługiwania,
- f) modernizację,
- g) amortyzację.

Do problemów badania stanów grupy urządzeń i stanowisk zalicza się:

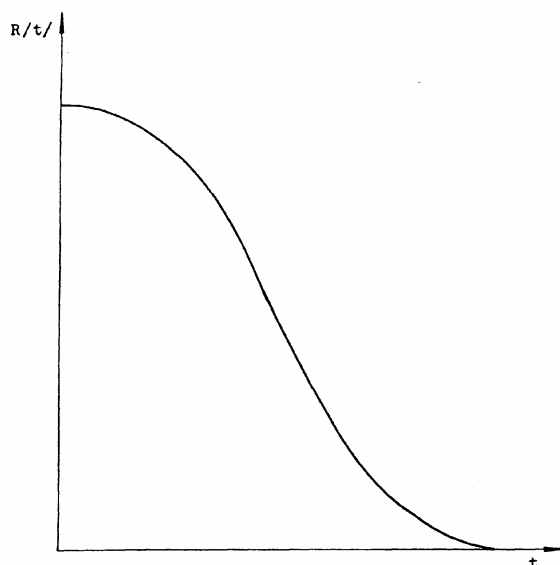
- a) uzupełnianie i wymianę urządzeń,
- b) lokalizację urządzeń na danej powierzchni,
- c) planowanie zużycia i odtwarzanie zdolności działania,
- d) organizację ruchu i obsługi urządzeń,
- e) zasady eksploatacji itp.

Zakres zadań do rozwiązania, aby ocenić stan urządzeń obejmuje:

1. rozpoznanie zjawiska wpływającego na stan urządzenia, analiza wielkości technicznych, organizacyjnych oraz ograniczeń występujących w badanym problemie,
2. analizę zachodzących prawidłowości w zmianach stanu,
3. budowę modeli zjawiska i warunków działania,
4. opracowanie programu działania dla wywołania pożądanych zmian w przebiegu zjawisk.

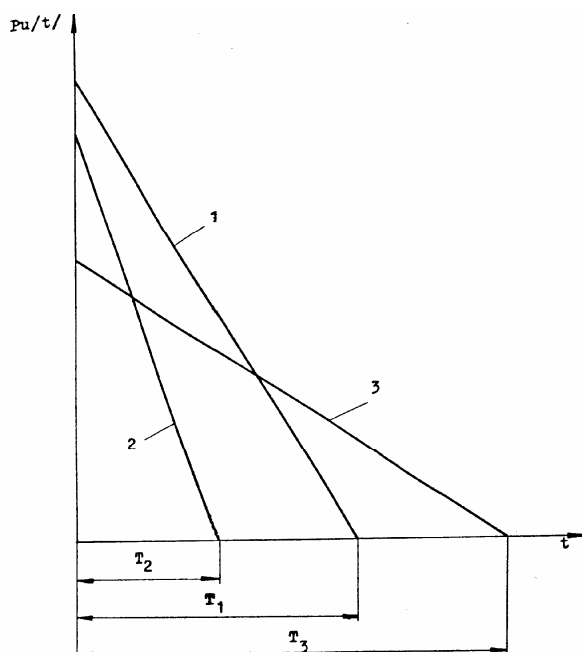
Składniki w systemie odlewni w trakcie eksploatacji są poddawane obciążeniu, które ma charakter zmienny. Wpływ obciążenia decyduje o zmianie właściwości składnika (maszyny), którą można uchwycić ilościowo poprzez badania niezawodnościowe. Jest to istotny problem z uwagi na czas "życia" danego urządzenia, a tym samym na ustalenie odpowiedniego momentu jego rekonstrukcji lub wycofania z obiegu.

Rozkład prawdopodobieństwa "przeżycia" przez urządzenie założonego czasu, przedstawia rysunek 2.



Rys. 1. Typowy rozkład czasu życia urządzeń

Właściwości użytkowe każdego elementu można określić za pomocą mierzalnych parametrów technicznych zmieniających się w przyjętym przedziale tolerancji, po przekroczeniu którego obiekt należy remontować lub wymienić na nowy. Takim przedziałem może być potencjał użytkowy. Pogorszenie się właściwości odpowiada zmniejszeniu się potencjału użytkowego, a nawet spadek do zera ($P_U=0$). Przykładowy przebieg dla trzech składników podaje rysunek 3. Poszczególne składniki 1, 2, 3 wykazują zróżnicowaną wartość użytkową oraz inne momenty jej utraty.



Rys. 2. Zmiana właściwości użytkowych np. maszyn.

System użytkowania odlewni dobrze jest scharakteryzować za pomocą:

- niezawodności funkcjonalnej,
- niezawodności technologicznej,

- efektywności ekonomicznej.

Pozycje te mogą być również przyjęte jako kryteria działania odlewni. Niezawodność funkcjonalną określa się jako stopień dopasowania możliwości (urządzenia, odlewni) do potrzeb - propozycji zadań.

Niezawodność tę można zapisać następująco:

$$R_F = P\{M_Z > m_z\} \quad (3)$$

gdzie:

m_z - wymagana zdolność pełnienia funkcji przez dany składnik,
 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 składnik (system) jest zdolny technicznie do pełnienia założonych funkcji. Wówczas

$$R_T(t_u, t_0) = P\{T_u > t_u; T_0 \leq t_0\} \quad (4)$$

gdzie:

t_u - wymagany czas zdolności technicznej systemu użytkownika do pełnienia funkcji
 t_0 - dopuszczalny czas obsługiwanego systemu użytkownika,
 T_u - faktyczny czas zdadności systemu,
 T_0 - faktyczny czas obsługiwanego systemu.

Zdolność pełnienia funkcji M_Z zależy między innymi od $K_g(t)$; gdzie $K_g(t)$ jest współczynnikiem gotowości technicznej systemu w przedziale $(0, t)$ określonym zależnością:

$$K_g(t) = \frac{T_u(t)}{T_u(t) + T_0(t)} \quad (5)$$

Pod względem oceny przydatności elementu systemu lub jego całości do realizacji określonego planu zadania produkcyjnego, najważniejsze są dwie wielkości:

- rzeczywista wydajność urządzenia lub zespołu urządzeń wyrażona przez sumaryczną wartość wyprodukowanych detali - W_p ,
- całkowity koszt poniesiony na osiągnięcie rzeczywistej wydajności przez określone urządzenie do produkcji danego detalu - K_p .

Koszty uwzględniają wszystkie nakłady poniesione na utrzymanie produkcji na danym urządzeniu lub stanowisku, w tym także koszty materiałów:

$$K_p = \sum_{i=1}^n K_i \quad (6)$$

gdzie:

K_i - koszty jednostkowe poszczególnego urządzenia.

Wartość produkcji W_p można określić również z zależności:

$$W_p = W \cdot k_j \quad (7)$$

w której:

$$W = \frac{T_{rz}}{n_i}$$

T_{rz} - rzeczywisty czas pracy urządzenia lub stanowiska w danym okresie obliczeniowym,

n_i - normatywny czas potrzebny na wyprodukowanie jednego detalu na analizowanym urządzeniu lub stanowisku,

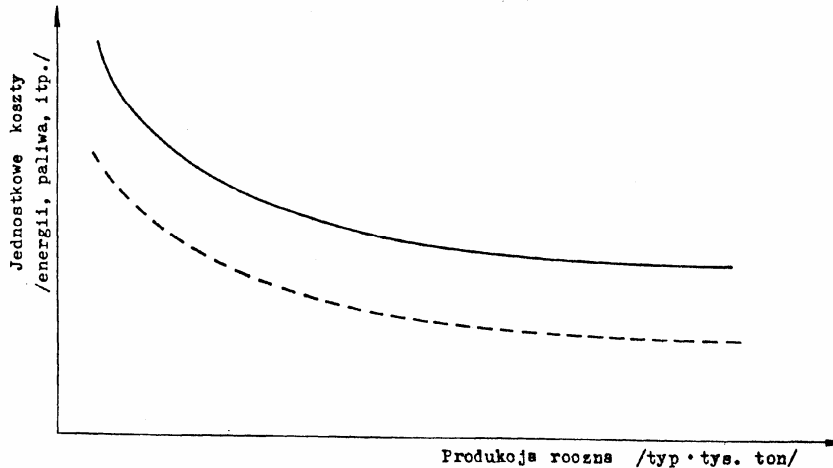
k_j - koszt jednostkowy produktu.

Określenie momentu czasowego modernizacji jest możliwe poprzez wyznaczenie współczynnika wyznaczonego zależnością:

$$WM = W_p - K_p \quad (8)$$

4. Metodyka wyznaczania optymalnego okresu eksploatacji odlewni.

Badania statystyczne w praktyce ekonomicznej wykazują, że poziom kosztów produkcji korelacyjnie powiązany jest z wielkością produkcji i zaangażowaniem środków trwałych. Wpływ ten przedstawiono zależnością funkcyjną na rysunku 4 przy założeniu, że koszty mają charakter funkcji ciągłej; w tym przypadku bez kosztów surowców bezpośrednich i materiałów.

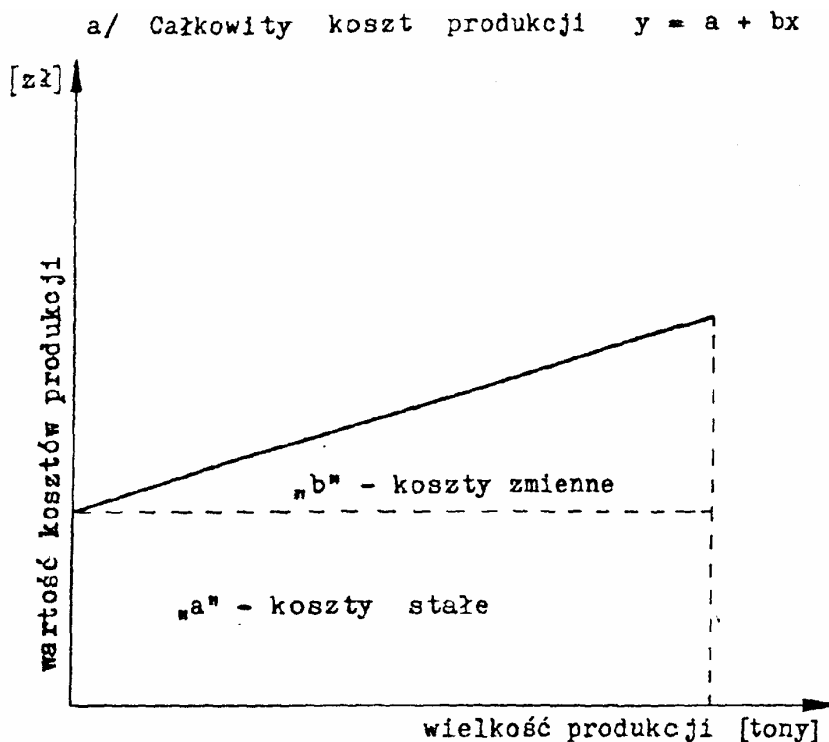


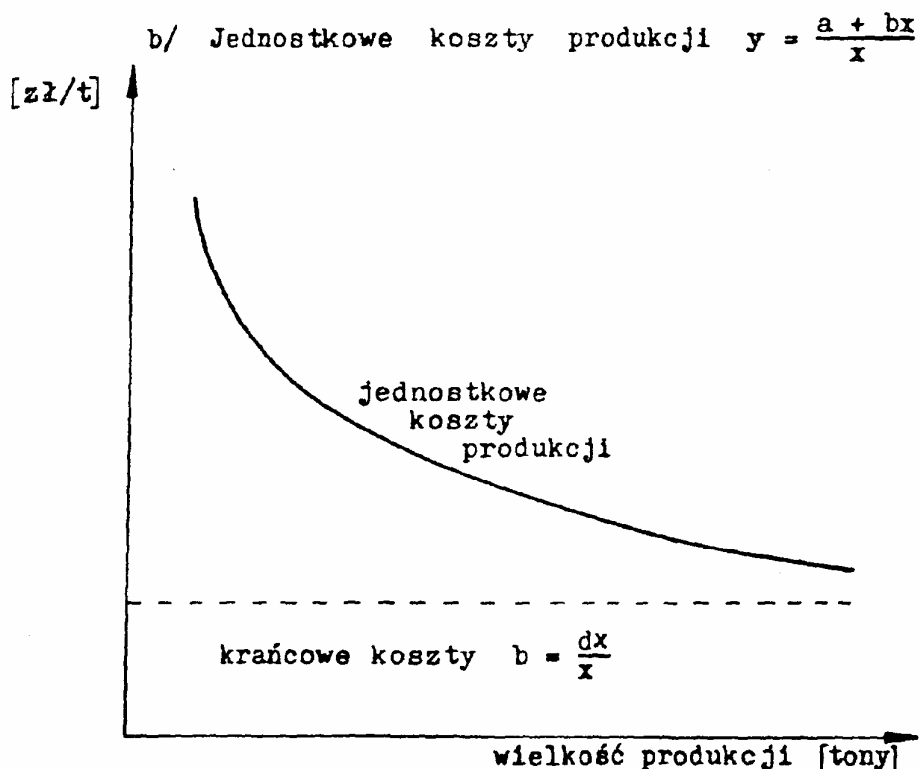
Rys. 3. Jednostkowe koszty przerobu w funkcji wielkości produkcji.

Przedstawienie zagadnienia w formie funkcji ciągłej daje ogólny pogląd na to zagadnienie z punktu widzenia ekonomicznego u podstaw którego przyjmowany jest także teoretyczny podział kosztów na:

- koszty stałe, niezależne od poziomu produkcji jak np. amortyzacja,
- koszty zmienne związane z poziomem produkcji np. surowce, materiały itp.

Przykładowe kształtowanie się kosztów produkcji z podziałem na koszty stałe i zmienne podaje rysunek 5.





Rys. 4. Koszty wytwarzania w funkcji wielkości produkcji.

Część "a" rysunku charakteryzuje całkowity koszt produkcji "Y", który jest funkcją wielkości produkcji "X".

$$Y = a + bX \quad (9)$$

gdzie:

a - poziom kosztów stałych,

b - koszt zmiany jednostki produkcji.

W części "b" rysunku podana jest krzywa jednostkowa kosztów produkcji w zależności od poziomu produkcji. Funkcja przedstawiająca koszty całkowite produkcji w zależności od wielkości produkcji nazywa się funkcją produkcji.

Badania ekonometryczne przeprowadzone z wykorzystaniem zasad statystyki matematycznej na materiałach empirycznych potwierdzają liniowy charakter kosztów funkcji produkcji w określonych przedziałach. W wyniku tych badań ustalono pojęcie kosztów stałych, zmiennych i krańcowych.

Koszt krańcowy - jest to koszt przyrostu ostatniej jednostki produkcji. Jako wyrażenie matematyczne, koszt krańcowy jest pochodną funkcji produkcji. Zgodnie z regułami obliczania pochodnych, koszt krańcowy dla funkcji liniowej równa się współczynnikowi "b".

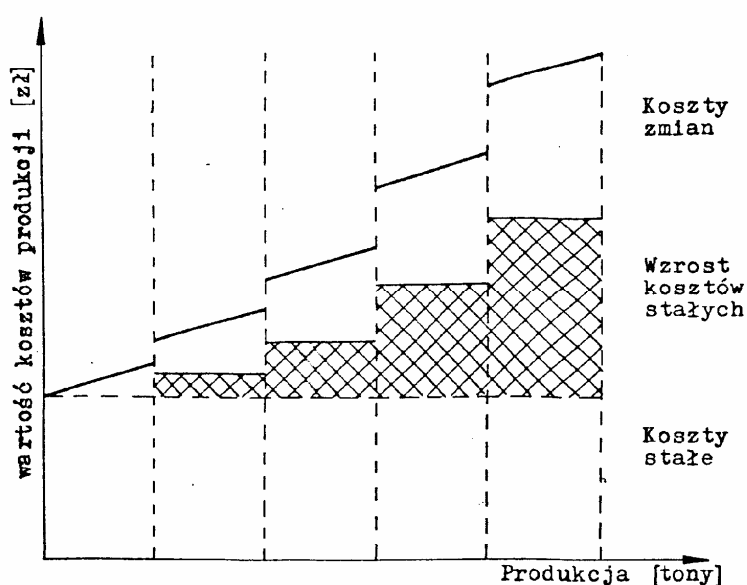
Koszt jednostkowy produkcji przy założeniu niezmienności innych czynników, maleje w miarę wzrostu produkcji. Spadek jednostkowych kosztów produkcji przebiega według hiperboli asymptotycznie dążącej do poziomu kosztów krańcowych, które w tym przypadku mają charakter stały.

Taka interpretacja zjawiska ma sens ekonomiczny w określonym przedziale czasu przy nie zmieniających się warunkach technicznych produkcji i niezmiennych warunkach cen poszczególnych składników produkcji. Praktycznie w układach istniejących funkcja produkcji posiada punkty nieciągłości. Punkty te powstają na skutek zmian technicznych warunków produkcji. Zmiany wywołuje działalność remontowa, inwestycyjna, która przyczynia się do

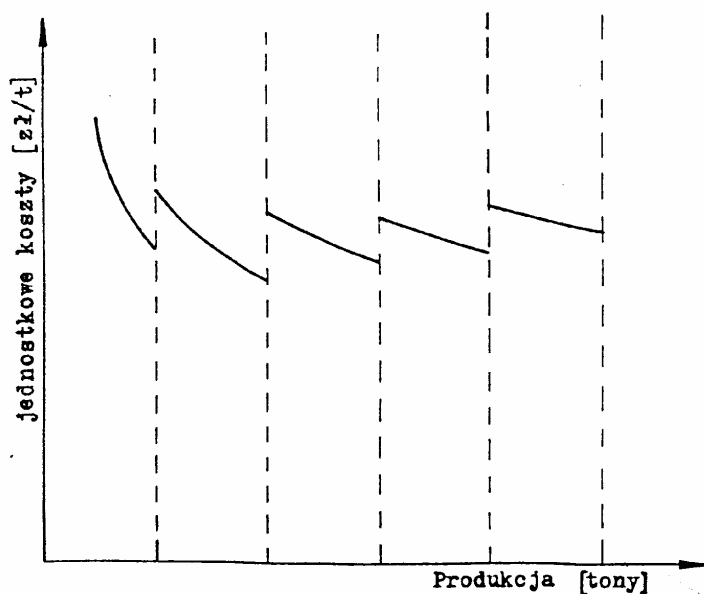
wzrostu istniejących zdolności produkcyjnych. W wyniku działalności inwestycyjnej i związanych z tym zmian poziomu produkcji, w punktach nieciągłości wzrastają koszty stałe. Zagadnienie to scharakteryzowano na rysunku 6. Układ danych na rysunku 6a obrazuje koszt produkcji w czterech przedziałach wielkości produkcji. Na granicach tych przedziałów występują punkty nieciągłości funkcji produkcji. Natomiast koszty produkcji mogą być rozpatrywane jako funkcja wielkości produkcji tylko w tych wymienionych przedziałach.

Ważne pod względem oceny ekonomicznej jest badanie kształtowania się kosztów jednostkowych przy przechodzeniu przez przedziały wielkości produkcji. Kształtowanie się kosztów jednostkowych wewnątrz przedziałów jest uzależnione od dochodzenia do pełnych zdolności produkcyjnych w czasie. Zakładając umownie ciągłość funkcji między punktami maksymalnych wielkości produkcji w poszczególnych przedziałach można wyprowadzić teoretyczny przebieg funkcji produkcji. Kształt takiej funkcji wynika z połączenia punktów kosztów produkcji całkowitej w przedziałach produkcji lub metodą równań regresji.

a/ Całkowity koszt: produkcji

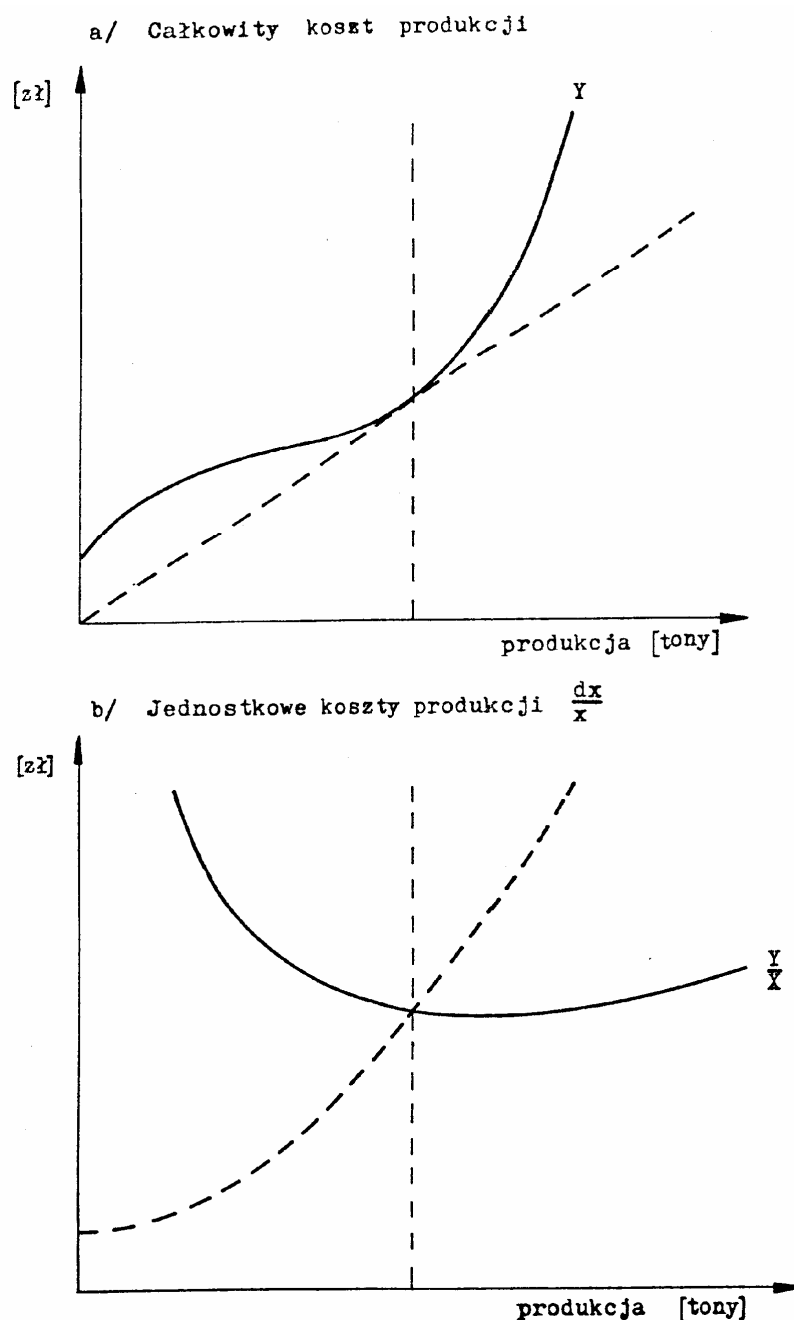


b/ Jednostkowy koszt produkcji



Rys. 5. Koszty produkcji w określonych przedziałach wielkości produkcji.

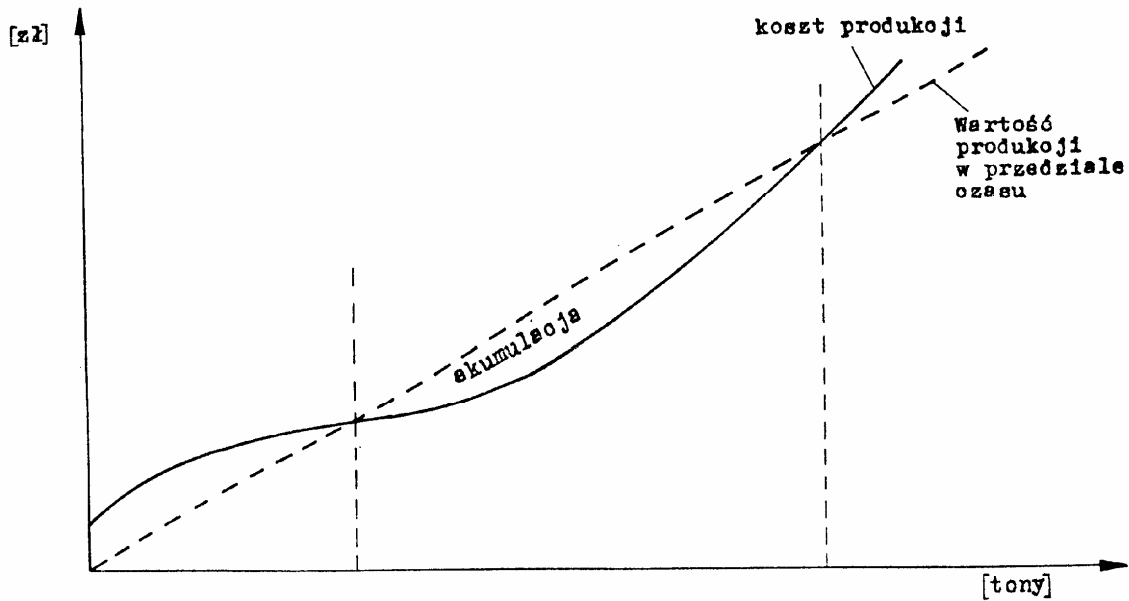
Teoretyczne krzywe kosztów produkcji podano na rysunku 7, na którym X - wielkość produkcji, Y - całkowity koszt produkcji, $\frac{Y}{X}$ - jednostkowy koszt produkcji, $\frac{dX}{X}$ - koszt krańcowy.



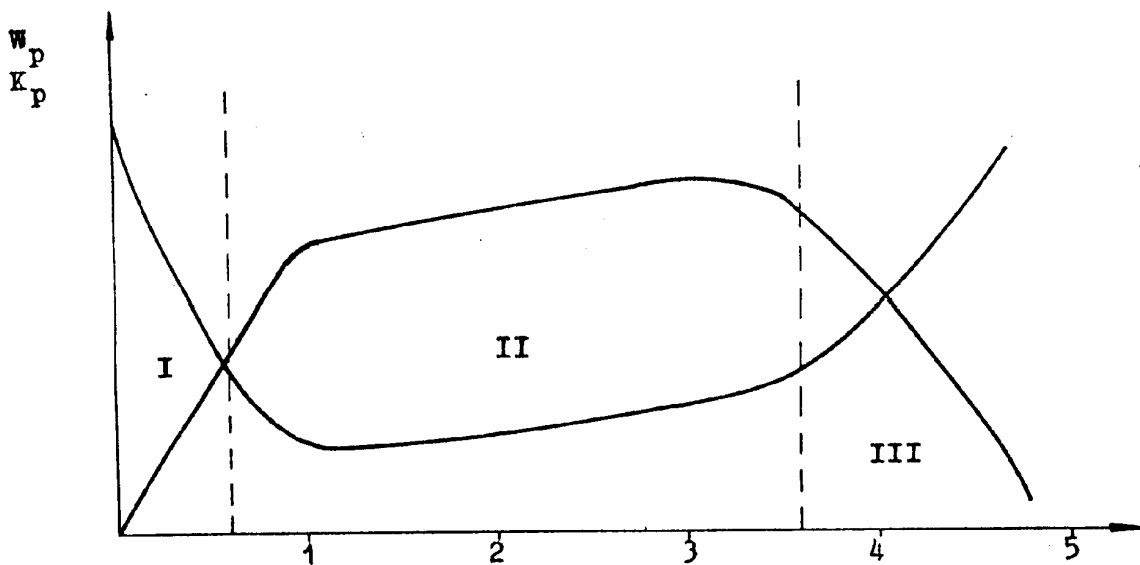
Rys. 6. Teoretyczne krzywe kosztów produkcji.

Optymalna wielkość produkcji przy której osiąga się najniższe koszty produkcji występuje w punkcie przecięcia krzywej jednostkowej kosztów produkcji $\frac{Y}{X}$ z krzywą kosztów krańcowych $\frac{dX}{X}$. W tym punkcie jednostkowe koszty produkcji równają się poziomowi kosztów krańcowych. Wzrost kosztów krańcowych i również kosztów jednostkowych jest sygnałem, że optimum poziomu produkcji zostało przekroczone. W badaniach ekonometrycznych celem jest

badanie granic opłacalności zmian (wzrostu) produkcji z uwzględnieniem akumulacji finansowej "funkcja utargu". Zagadnienie to obrazuje rysunek 8. Podobną analizę można przeprowadzić uwzględniając zmianę kosztów i wartości produkcji w czasie, co zostało przedstawione na rysunku 9. Obydwie krzywe przecinają się w dwóch punktach. Szczególnie ważne znaczenie posiada punkt drugi. Dla celów rekonstrukcji może oznaczać konieczny moment rozpoczęcia rekonstrukcji.



Rys. 7. Teoretyczne wyznaczenie pola opłacalności w warunkach istniejących zdolności produkcyjnych.



Rys. 8. Zmiany wartości produkcji i kosztów produkcji.

Głównymi kryteriami charakteryzującymi stan odlewni są: osiągnięta wartość produkcji oraz koszty wytwarzania - prowadzenia działalności produkcyjnej. Z załączonych rysunków wynika również, że wartość produkcji i koszty są funkcją czasu eksploatacji odlewni. Charakter zmian wartości produkcji i kosztów zależy od przedziału czasu w którym znajduje się moment przystąpienia do analizy stanu odlewni. Na przykład okres początkowy cechuje niska wartość produkcji przy wysokich kosztach wytwarzania. Podany teoretyczny zarys krzywych może w rzeczywistości ulec deformacji na skutek zmian w czynnikach eksploatacyjnych. Przy łącznym rozpatrywaniu obydwu kryteriów można sprecyzować wniosek co do właściwego okresu eksploatacji odlewni. We wczesnym okresie koszt może kształtować się zbyt wysoko, a wartość zbyt nisko, co nie sprzyja efektywnemu działaniu odlewni. W dalszej fazie koszt spada, a wartość produkcji powinna wzrastać co świadczy o efektywnej eksploatacji. W następnym okresie odlewnia może wejść w stan zachwianej opłacalności, koszty mogą być niskie, a wartość produkcji może spadać poniżej punktu, w którym działalność produkcyjna traci atrakcyjność. Również może wystąpić wzrost kosztów produkcji i spadek wartości produkcji. Punkt przecięcia krzywych wyznacza moment koniecznej zmiany, gdyż po przekroczeniu tego punktu odlewnia wchodzi w fazę swej przestarzałości. Czynnikiem decydującym o podjęciu decyzji, w którym momencie należy rozpocząć pracę rekonstrukcyjną jest wartość akumulacji finansowej odlewni.

W ciągu okresu eksploatacji odlewni wartość akumulacji finansowej ulega zmianie. Aby nie dopuścić do katastrofalnej sytuacji, w której wystąpi całkowity brak rezerw, należy zmiany przeprowadzić odpowiednio wcześniej.

Okresu pełnej eksploatacji nie da się ustalić z całą dokładnością, dlatego celowe jest posługiwanie się okresem ekonomicznie pewnej eksploatacji. Do jej wyznaczenia stosuje się następującą formułę:

$$\sum_{t=1}^n (P_t - K_t) - \sum_{t=1}^n J_t = \max \geq 0 \quad (10)$$

w której:

- P_t - wartość produkcji w czasie t ,
- K_t - koszty produkcji w czasie t ,
- n - ilość lat,
- $t = 1, 2, \dots, n$,
- J_t - nakłady na poprawę stanu odlewni.

Poprawna metoda wyznaczania czasu modernizacji czy rekonstrukcji wymaga prowadzenia na bieżąco ewidencji zmian wartości produkcji oraz kosztów wytwarzania.

5. Podsumowanie.

Każda odlewnia podczas swego istnienia przechodzi określone etapy rozwoju, które tworzą jej model istnienia. Na ogół etapy rozwoju (życia) spowodowane są nowymi osiągnięciami naukowo-technicznymi, jak również zużywaniem się środków trwałych i starzeniem metod produkcji. Wszelkie zmiany dodatkowo uzależnione są od struktury produkcyjnej i przestrzennej odlewni oraz sytuacją gospodarczą w jakiej odlewnia pracuje. W związku z tym powstaje zasadniczy problem dotyczący ustalenia chwili czasowej, w której powinna nastąpić rekonstrukcja i w jakim zakresie.

Wybór momentu dokonania rekonstrukcji związany jest przede wszystkim:

- a) z posiadaniem pewnej gwarancji rokującej istnienie odlewni, wynikającej z prognozowania rozwoju popytu na określone odlewy,
- b) z osiągniętą wartością produkcji,
- c) z poziomem ponoszonych kosztów własnych.

Prognozowanie popytu zostało przedstawione w analizie warunków wewnętrznych i zewnętrznych rozwoju odlewni. Kształtowanie się warunków jest czynnikiem decydującym o tempie przebiegu procesu starzenia, jak również określającym moment czasowy w którym odlewnia przestaje być "atrakcyjna" (także i odlewy), a dokładnie konkurencyjna.

Określenie istotnych zmian w działalności odlewni i miejsc ich powstawania jest możliwe poprzez ujęcie odlewni w postaci systemu. W tym rozumieniu składniki odlewni i prowadzone w niej procesy mają swoje określone lecz i ograniczone cele.

Integrację składających się na system odlewni składników, można osiągnąć poprzez analizę funkcjonalną czyli metodę, która zakłada analizę funkcji czynnościowych i kosztów spełnienia tych funkcji. Spełnienie funkcji dokonuje się zespołami technologicznymi (maszyny, urządzenia itp.).

Stosowanie metody analizy funkcjonalnej umożliwia ocenę konkretnej sytuacji oraz stanu odlewni w ujęciu dynamicznym. Załączone w opracowaniu modele eksploatacyjne są podstawą do oceny przyczyn wpływających na funkcjonalność i zmianę kosztów odlewni. Tym samym można stworzyć niezbędne dane wskazujące na potrzebę przeprowadzenia rekonstrukcji odlewni.

6. Literatura:

- [1] Martyniak Z.: Nowoczesne metody zarządzania produkcją. Wyd. AGH, Kraków 1996.
- [2] Księżyk M.: Podstawowe zagadnienia ekonomii. Wyd. Naukowe "Zakamycze".
Kraków 2000
- [3] Jaki A.: Wycena przedsiębiorstwa, pomiar i ocena wartości. Wyd. Naukowe "Zakamycze".
Kraków 2000
- [4] Kasprzak T.: Badania operacyjne w nowoczesnym zarządzaniu. PAN W-wa 1974.
- [5] Wrona R.: Prognozowanie procesu rekonstrukcji odlewni. III Kongres Odlewnictwa,
W-wa2000.
- [6] Praca statutowa. Nr 11.11.170.109, AGH, Wydz. Odlewnictwa, Kraków 1999.