

dr inż. Aleksander Fedoryszyn
dr inż. Krzysztof Smyksy
prof. dr hab. inż. Józef Dańko

Wydział Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. S.Staszica w Krakowie

TECHNIKI FORMOWANIA STOSOWANE W ODLEWNICTWIE ŚWIATOWYM

1. Wstęp.

Wytwarzanie odlewów w bentonitowych masach formierskich ciągle dominuje. Konkurencyjność tej tradycyjnej technologii, w stosunku do innych sposobów wytwarzania odlewów, wynika między innymi z postępu w zakresie mechanizacji i automatyzacji formowania.

Poczynając od lat 70-tych zaznaczyła się przewaga urządzeń do zagęszczania metodą wstrząsania i prasowania masy przy znacznie zwiększonych jednostkowych naciskach prasowania [8]. Zagęszczanie masy realizowano dwustopniowo. Pierwszy stopień - zagęszczenie wstępne - polegało na równomiernym rozłożeniu masy w przestrzeni technologicznej w połączeniu z pewnym jej zagęszczeniem. Drugi stopień - zagęszczenie ostateczne - osiągnęto na drodze prasowania masy pod średnimi i wysokimi naciskami ($0.3 \div 10 \text{ MN/m}^2$). Uzyskanie wysokich sił prasujących, przy jednoczesnym dążeniu do ograniczenia gabarytów urządzeń, zmusiło do przejścia z pneumatycznych do hydraulicznych napędów prasowania.

Podstawę klasyfikacji formierskich urządzeń prasujących pod wysokimi naciskami stanowiły kryteria ujmujące cechy konstrukcyjno - technologiczne [8]:

- rodzaj form: skrzynkowe, bezskrzynkowe,
- odmiana sposobu dozowania masy: grawitacyjne, wstrzeliwanie, metoda wstępnego zagęszczania masy: spadek grawitacyjny, wibracja, wstrząsanie,
- układ prasowania: górny-głowicą prasującą, górny-płytą modelową, dolny płytą prasującą, dolny-płytą modelową,
- typ głowicy: płaski, kształtowy, przeponowy, wielotłokowy, kratowy,
- rodzaj mechanizmu oddzielania: ramowo-trzpieniowy, z płytą przeciąganą,
- rodzaj napędu: pneumatyczny, pneumatyczno-hydrauliczny, hydrauliczny,
- ilość pozycji: maszyny jedno i wielopozycyjne.

Współcześnie produkowane urządzenia formierskie również mieszczą się w powyższej klasyfikacji. Oferowane są nadal klasyczne maszyny wstrząsowo - prasujące, choć dominujące znaczenie mają formierki realizujące nowoczesne techniki zagęszczania masy. Głównym powodem ich wprowadzenia była konieczność poprawy warunków pracy. Wprowadzone do praktyki odlewniczej formierki spełniają wymagania bezpieczeństwa pracy oraz zapewniają wysoką wydajność. Aktualnie stosowane techniki formowania charakteryzują się korzystnymi efektami technologicznymi. Uzyskuje się dużą dokładność odwzorowania skomplikowanych modeli, wysoką wartość stopnia zagęszczenia oraz korzystny jego rozkład, co sprzyja dokładności wymiarowej form.

2. Przegląd technik zagęszczania mas formierskich z bentonitem.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat największy rozwój został osiągnięty w metodach formowania wykorzystujących energię strumienia powietrza, bezpośrednio działającego na masę formierską. Obok tradycyjnych metod dmuchowych można do nich zaliczyć: formowanie impulsowe, formowanie strumieniem powietrza przepływającego przez masę z następnym doprasowaniem (proces Seiatsu), formowanie podciśnieniowo-prasujące. Obserwuje się również ponowne zainteresowanie maszynami do formowania metodą dynamicznego prasowania oraz wibro-prasowania, będącymi alternatywnymi rozwiązaniami dla formierek wstrząsowo-prasujących. Poza wymienionymi oferowanych jest szereg oryginalnych rozwiązań w tym urządzenia do formowania poprzez wprasowywanie modeli do masy, formowania jednoczesnego obu półform, wytwarzania i zestawiania form trzyczęściowych (w dwóch skrzynkach) w jednym, wielopozycyjnym urządzeniu (proces Souatsu).

W oparciu o zebrane dane [2÷7,9], dotyczące światowych tendencji w zakresie rozwoju technologii odlewniczych poniżej przedstawiono charakterystykę nowych metod formowania i realizujących je maszyn. Dane te wzbogacono analizami i wynikami prac realizowanych na Wydziale Odlewnictwa AGH z zakresu oceny nowoczesnych rozwiązań maszyn i urządzeń odlewniczych [1,11,12] oraz gniazd i linii służących do wytwarzania odlewów [10].

Analizując dane literaturowe oraz materiały ofertowe producentów maszyn formierskich opracowano systematykę współczesnych technik formowania, przedstawioną w tabeli 1.

Tabela 1

Systematyka technik zagęszczania mas formierskich z bentonitem

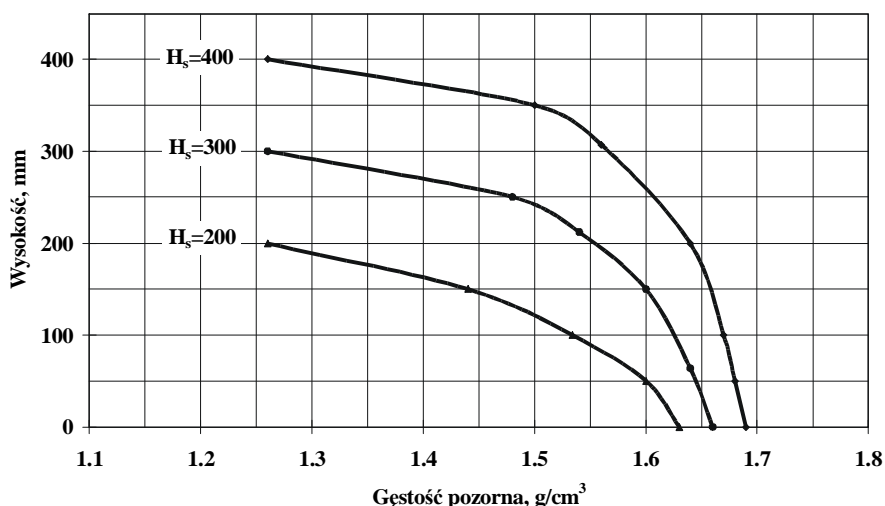
Nazwa procesu	Sposób napełnienia skrzynki - przestrzeni technologicznej	Metoda zagęszczania masy		Sposób realizacji doprasowania
		wstępnego I etap	ostatecznego II etap	
wstrząsanie	zasypywanie grawitacyjne	wstrząsanie	prasowanie	płytą obciążającą płytą prasującą głowicą wielotłokową przeponą wypełn. cieczą
prasowstrząs	zasypywanie grawitacyjne	wstrząsanie z równoczesnym prasowaniem		płytą prasującą płaską płytą kształtową
prasowanie	zasypywanie grawitacyjne	prasowanie		płytą prasującą głowicą wielotłokową przeponą pneumatyczną przeponą hydrauliczną płytą z elastomerem
	zasypywanie grawitacyjne zagęszczające		prasowanie	głowicą wielotłokową

prasowanie dynamiczne	zasypywanie grawitacyjne	prasowanie dynamiczne		płytą prasującą głowicą wielotłokową
wibracja	zasypywanie grawitacyjne	wibracja	prasowanie	głowicą wielotłokową
wibroprasowanie	zasypywanie grawitacyjne	wibroprasowanie		płytą prasującą głowicą wielotłokową
eksplozyjne	zasypywanie grawitacyjne	eksplozyjne		-
impulsowe	zasypywanie grawitacyjne	impulsowe		-
impulsowe z doprasowaniem	zasypywanie grawitacyjne	impulsowe	prasowanie	płytą prasującą głowicą wielotłokową płytą z elastomerem
Strumieniowo- -prasujące	zasypywanie grawitacyjne	strumieniowe	prasowanie	pneumatyczne z folią hydrauliczne płytą płaską i kształtowaną głowicą wielotłokową płytą z elastomerem
Dmuchowo- -prasujące	nadmuchiwanie	prasowanie		płytą prasującą
strzelarko- -prasy	wstrzeliwanie	prasowanie		płytą prasującą
Podciśnieniowo- -prasujące	zassanie masy		prasowanie	płytą prasującą głowicą wielotłokową przeponą hydrauliczną

3. Charakterystyka metod i rozwiązań urządzeń formierskich.

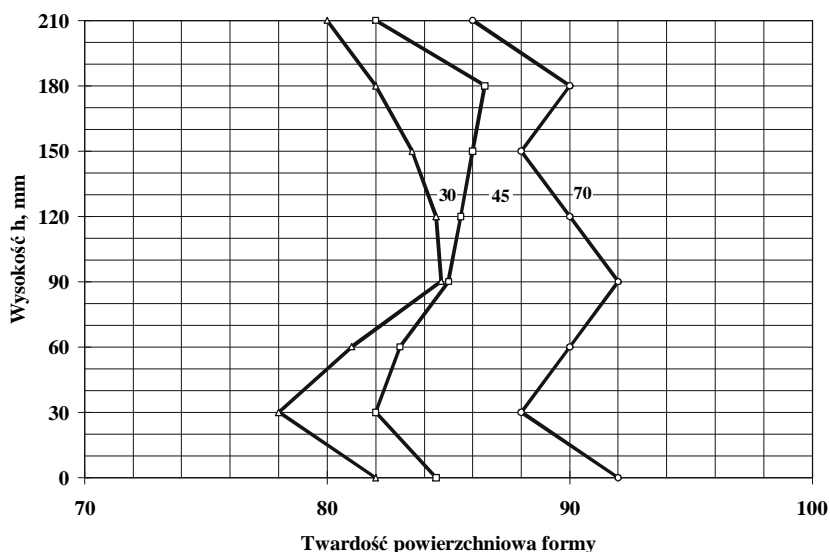
Formowanie impulsowe od kilku lat jest podstawową techniką wykonywania form. Charakteryzuje się korzystnymi efektami zagęszczania, co ilustruje przebieg gęstości masy na wysokości formy - rys. 1.

Klasyczna metoda impulsowa, polegająca na jednostopniowym procesie dynamicznego zagęszczania masy strumieniem powietrza, została wzbogacona w statnim okresie o nowe warianty. Wyeliminowano w nich słabe zagęszczenie masy górnych rejonów formy, jak również nieodpowiedni stopień zagęszczenia masy w szczelinach. Do ważniejszych odmian formowania impulsowego należą: proces formowania za pomocą podwójnego impulsu oraz proces Vario-Impuls. Formowanie podwójnym impulsem powietrza w rozwiązaniu firmy BMD polega na wykorzystaniu standardowej maszyny impulsowej, w której zmieniono sposób doprowadzenia powietrza zagęszczającego do masy.



Rys. 1. Rozkład zagęszczenia masy przy formowaniu impulsowym [9]

Pomiędzy pierwszym i drugim zagęszczaniem impulsowym następuje uzupełnienie masy w skrzynce formierskiej. W wariacie Vario-Impuls (GF Disa) stosuje się perforowaną przegrodę pomiędzy zaworem impulsowym a powierzchnią swobodną masy formierskiej. Zastosowanie płyt pośrednich o zmiennej perforacji dostosowanej do ukształtowania modeli pozwala aktywnie sterować rozkładem stopnia zęszczenia masy w formie. Przykładowy przebieg wartości twardości w formie wykonanej w podobny sposób wg. procesu ContourImpuls (f-ma FORMTEC) przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Twardość powierzchniowa formy wzdłuż wysokości wnętrza w funkcji odległości od ściany skrzynki [9]

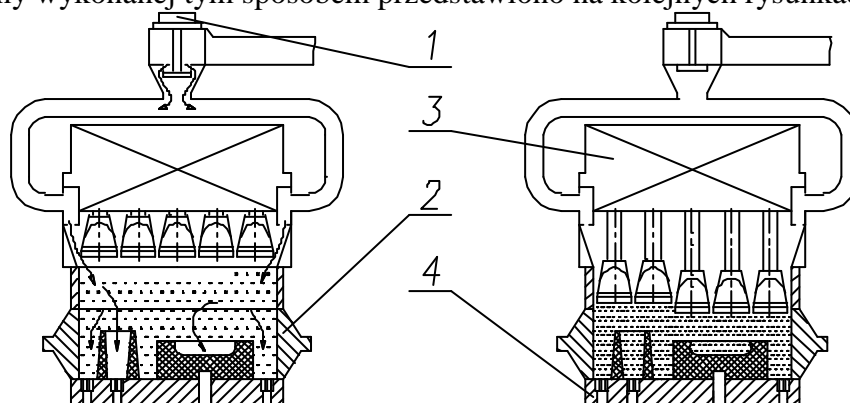
Wyrazem najnowszych tendencji w zakresie formowania impulsowego jest rozwiązanie Impact Multi System (GF Disa), w którym dwa zawory impulsowe o zróżnicowanej powierzchni i dynamice działania umożliwiają kształtowanie przebiegu ciśnienia sprężonego powietrza nad powierzchnią masy. Sposób zmiany ciśnienia, a zwłaszcza zróżnicowanie mocy impulsu w poszczególnych fazach procesu stwarza lepsze warunki zagęszczania w krytycznych rejonach formy. Podstawową zaletą systemu jest stworzenie "elastycznego" sterowania procesem zagęszczania masy formierskiej, niezależnego od stopnia skomplikowania modeli, co uzyskuje się stosując odpowiedni wariant procesu oraz dobór jego parametrów.

Proponuje się również rozwiązania formierek o zwiększonej dynamice procesu. Warianty bardzo szybkich zaworów impulsowych, o czasie otwarcia około 0,002 s, pozwalają uzyskać szybkości narastania ciśnienia powietrza w przestrzeni technologicznej 250 -300 MPa/s i tym samym zmniejszyć wymiary głowicy impulsowej, której stosunek objętości do objętości formy mieści się w granicach $0.5 \div 1.0$, podczas gdy w rozwiązaniach tradycyjnych stosunek ten wynosi około 3.

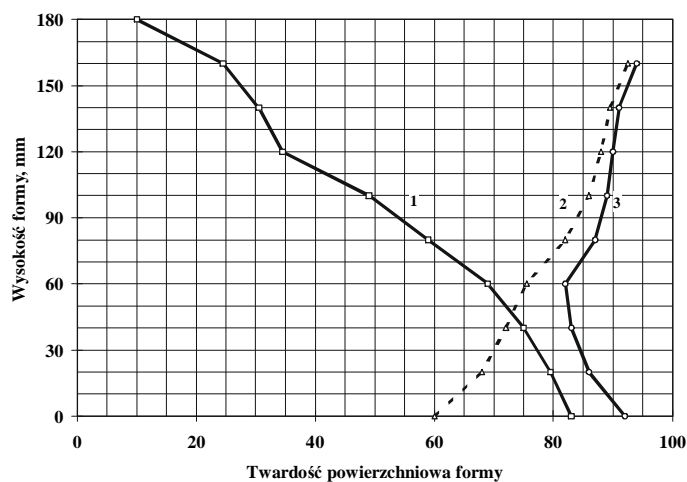
Metoda impulsowa jest mało wrażliwa na właściwości masy formierskiej oraz na stopień skomplikowania modeli, przy czym stwierdzono korzystny wpływ dobrego spulchnienia masy formierskiej na końcowy efekt zagęszczenia. Z tego powodu wiele rozwiązań maszyn impulsowych jest wyposażonych w spulchniarki wirnikowe, dozujące masę formierską do skrzynek.

Z analizy danych dotyczących rozwiązań urządzeń wynika, że najczęściej oferowanymi są formierki impulsowo-prasujące. Dodatkowe doprasowanie poprawia zagęszczenie w górnych rejonach formy.

Formowanie strumieniem powietrza z doprasowaniem obejmuje wstępne zagęszczenie masy formierskiej strumieniem powietrza przepływającego przez masę oraz zagęszczenie końcowe, realizowane za pomocą prasowania. Schemat głowicy strumieniowo-prasującej oraz rozkład twardości formy wykonanej tym sposobem przedstawiono na kolejnych rysunkach 3 i 4.



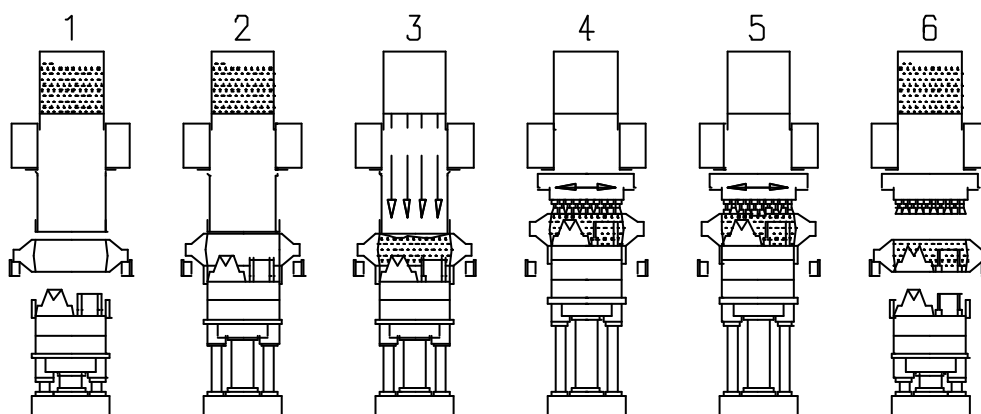
Rys.3. Schemat głowicy strumieniowo-prasującej formierki firmy HWS: 1- zawór strumieniowy, 2-skrzynka formierska, 3- głowica prasująca, wielotłokowa, 4- płyta modelowa z odpowietrzalnikami [9]



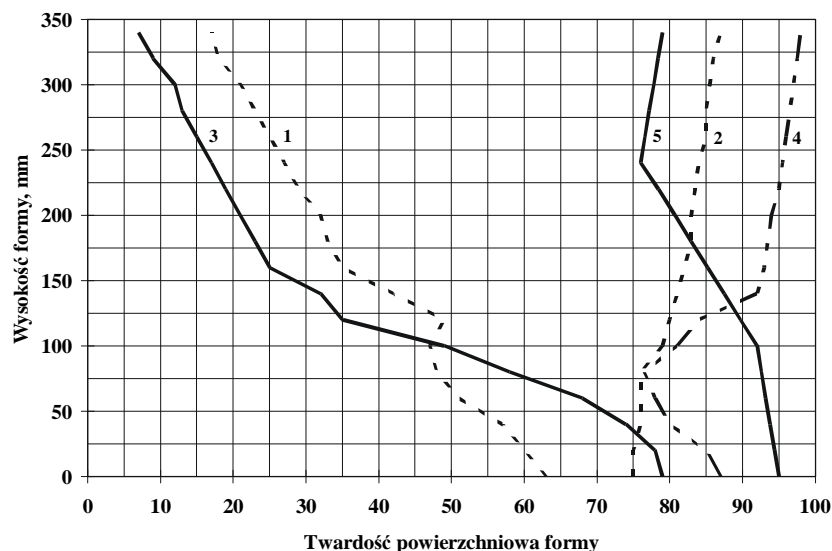
Rys.4. Rozkład twardości w formie wykonanej metodą strumieniowo-prasującą (proces SEIATSU): 1- wstępne zagęszczenie strumieniem powietrza, 2- prasowanie, 3- zagęszczenie strumieniem powietrza z doprasowaniem [9]

Dynamika przepływu powietrza, wyrażona szybkością narastania ciśnienia w przestrzeni nad masą, jest znacznie niższa (poniżej 1 MPa/s) niż przy formowaniu impulsowym (powyżej 10 MPa/s). W związku z tym wymagania stawiane zespołom zaworowym są przy procesie Seiatsu znacznie mniejsze. Z punktu widzenia efektów formowania ważne jest jednak prawidłowe sterowanie pracą zespołu zaworowego, a także odpowiednie rozmieszczenie otworów odpowietrzających w płycie modelowej. Bardzo dobre zagęszczenie masy można uzyskać nawet przy skomplikowanych modelach. Rozkład gęstości pozornej masy i odpowiadającej jej twardości jest równomierny wzdłuż wysokości formy, nawet w smukłych szczelinach. Możliwe jest stosowanie małych pochyłych modeli, a tym samym uzyskanie mniejszych nakładów na obróbkę mechaniczną. Formowanie strumieniowo-prasujące jest stosowane także w procesie Airpress-Plus (firma Künkel-Wagner) oraz w jednym z wariantów procesu Impact Multi System (firma GF Disa). Często tego typu formierki wyposażane są w oryginalne spaluchniarki wirnikowo-szczotkowe, dozujące masę do skrzynek formierskich.

Formowanie podciśnieniowo - prasujące stosuje się zarówno w formowaniu skrzynkowym jak i bezskrzynkowym. W skrzynkowym procesie VacuPress stosowane są jednostronne płyty modelowe bez otworów odpowietrzających. Przestrzeń technologiczna jest wypełniana masą przy ciśnieniu absolutnym rzędu 40 do 60 kPa. Operacje prasowania oraz oddzielania modelu od formy realizowane są przy włączonej instalacji próżniowej, co korzystnie wpływa na jakość formy. Zaletami metody są: korzystny rozkład zagęszczenia, mało rygorystyczne wymagania w stosunku do masy formierskiej, uzyskiwanie form o dokładnych wymiarach i dobrze odwzorowanej powierzchni. Uniwersalne formierki VarioPress umożliwiają zarówno realizację procesu strumieniowo- prasującego (proces AirPress-Plus), jak też podciśnieniowo-prasującego (VacuPress). **formowanie z wprasowywaniem modelu** polega na wypełnianiu przestrzeni technologicznej masą o ściśle określonej ilości i nadaniu jej wstępnego zagęszczenia. W drugim stopniu następuje prasowanie płytą modelową. Ta technika wytwarzania spotykana jest przede wszystkim przy formowaniu bezskrzynkowym o pionowej płaszczyźnie podziału (Disa, Koyo). Przykład realizacji formowania w skrzynkach i zagęszczania masy poprzez zasypywanie grawitacyjne przedstawiono na rysunku 5. Na rysunku 6 przedstawiono efekty zagęszczania tym sposobem w porównaniu z innymi sposobami zagęszczania.

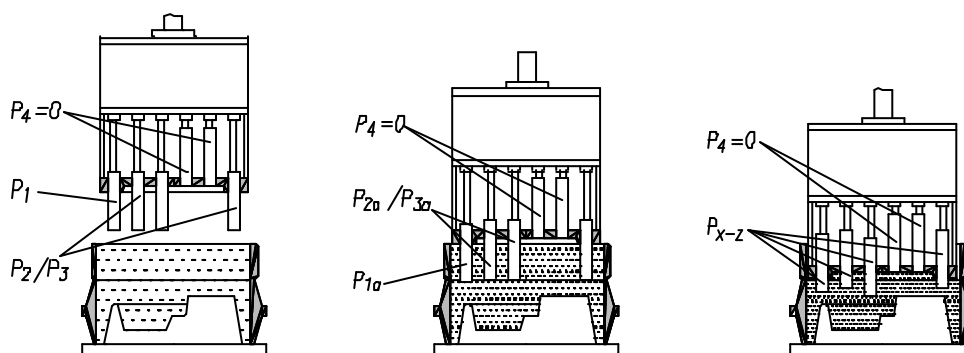


Rys. 5. Przebieg pracy formierek FORMIMPRESS firmy Euroimpianti; 1- pozycja wyjściowa, 2- dosunięcie skrzynki formierskiej z płytą modelową do głowicy zasypowej, 3- zasypywanie skrzynki porcją masy formierskiej (nastawy dozownika wagowego), 4- przesunięcie głowicy prasującej do pozycji nad skrzynką, 5- prasowanie, 6- oddzielenie formy poprzez opuszczenie stołu z płytą modelową [9]

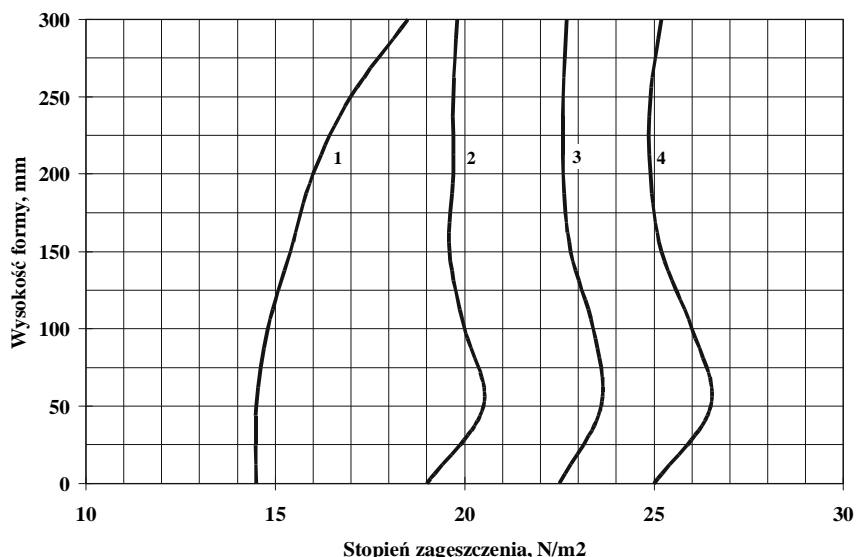


Rys. 6. Wartości twardości (wskazania twardościomierza firmy +GF+) w formach: 1- zagęszczanie masy wstrząsaniem, 2- wstrząsaniem z doprasowaniem, 3- strumieniem powietrza, 4- strumieniowo-prasujące, 5- poprzez zagęszczające zasypywaniem grawitacyjnym z doprasowaniem - proces FORMIMPRESS (firmy Euroimpianti) [9]

Formowanie metodą dynamicznego prasowania realizowano od dawna, przy czym w ostatnio oferowanych formierkach DYNAMATIC (GF Disa) w miejsce działającej dynamicznie, lekkiej płyty prasującej zastosowano głowicę wielotłokową z napędem pneumohydraulicznym (rys.7). Położenie poszczególnych stempli prasujących jest dostosowane do kształtu modeli. Osiągany jest równomierny rozkład zagęszczenia wzdłuż wysokości form, a efekty formowania zależne są od prędkości głowicy prasującej, co wynika z danych zamieszczonych na rysunku 8. W metodzie prasowania dynamicznego nie są stawiane specjalne wymagania odnośnie do oprzyrządowania (skrzynki, modele) oraz właściwości masy formierskiej. Typy maszyn DYNAMATIC, w których umieszczono główny siłownik zespołu prasowania od strony płyty modelowej, charakteryzują się bardziej zwartą konstrukcją.

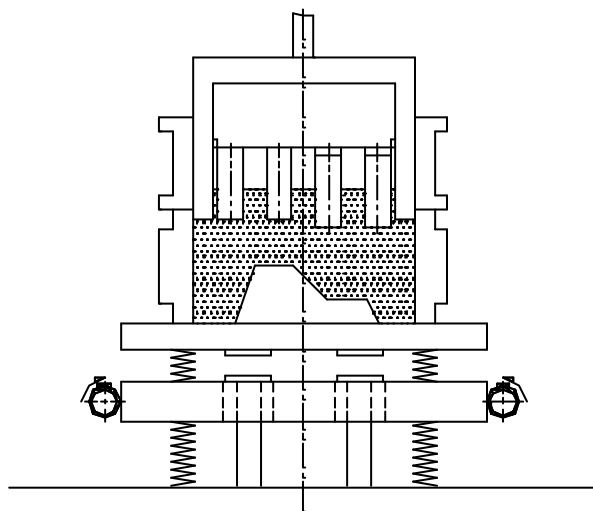


Rys.7. Głowica prasująca formierki DYNAMATIC, firma GEORG FISCHER DISA [9]



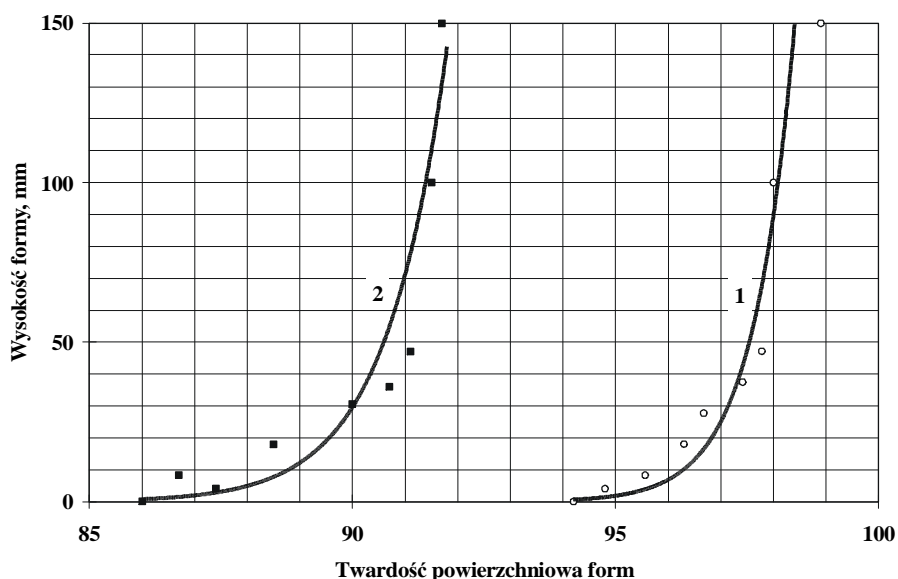
Rys. 8. Rozkład zagęszczenia w formach wykonanych metodą dynamicznego prasowania przy różnych prędkościach głowicy prasującej (proces DYNAPULS); R_f - wytrzymałość formy zmierzona przyrzędem PFF firmy +GF+:
1- 0.5 m/s, 2- 3.5 m/s, 3- 4.1 m/s, 4- 4.7 m/s [9]

Formowanie wibracyjno - prasujące realizowane jest za pomocą oddziaływania prasującego na masę płaskiej płyty lub głowicy wielotłokowej przy wibracji (rys.9). Możliwe jest również stosowanie wibracyjnego zagęszczenia wstępnego. Zastąpienie operacji wstrząsania wibracją wyraźnie poprawia warunki pracy na stanowiskach formowania.



Rys. 9. Schemat formierki wibroprasującej

Urządzeniami napędowymi w formierkach wibroprasujących są zazwyczaj wibratory rotodynamiczne. Na efekty formowania można wpływać zarówno przez zmianę siły prasowania jak i parametrów pracy wibratora; stosuje się naciski prasujące ok. 0,8 MPa przy wartości siły wymuszającej 40 kN i częstotliwości drgań ok. 30 Hz [1]. Badania formowania wibracyjno-prasującego potwierdzają możliwość osiągania dobrych rezultatów nawet w przypadku skomplikowanych modeli. Przykładowy rozkład zagęszczenia wzdłuż wysokości formy przedstawiono na rysunku 10.



Rys.10. Porównanie rozkładu twardości wzdłuż wysokości formy:

1- zagęszczanej wibro-prasowaniem, 2- metodą wstrząsowo-prasującą [1]

Podobnie jak formierki prasujące, dynamicznie maszyny wibracyjno-prasujące traktowane są jako pełnowartościowe zamienniki formierek wstrząsowo-prasujących, bez konieczności wymiany oprzyrządowania.

Formowanie wibracyjno-prasujące stosuje się zarówno w maszynach do formowania skrzynkowego jak i bezskrzynkowego.

5. Charakterystyka pracy urządzeń formierskich.

Analiza materiałów źródłowych umożliwia dokonanie ogólnej oceny technik formowania poprzez zestawienie efektów pracy formierek. Najistotniejszymi kryteriami oceny są uzyskiwane efekty technologiczne, emisja hałasu oraz energochłonność.

Efekty technologiczne wiążą się z jakością wykonywanych form. W szczególności ważna jest możliwość osiągnięcia równomiernego, wysokiego zagęszczenia w całej formie - również przy stosowaniu trudnych technologicznie modeli.

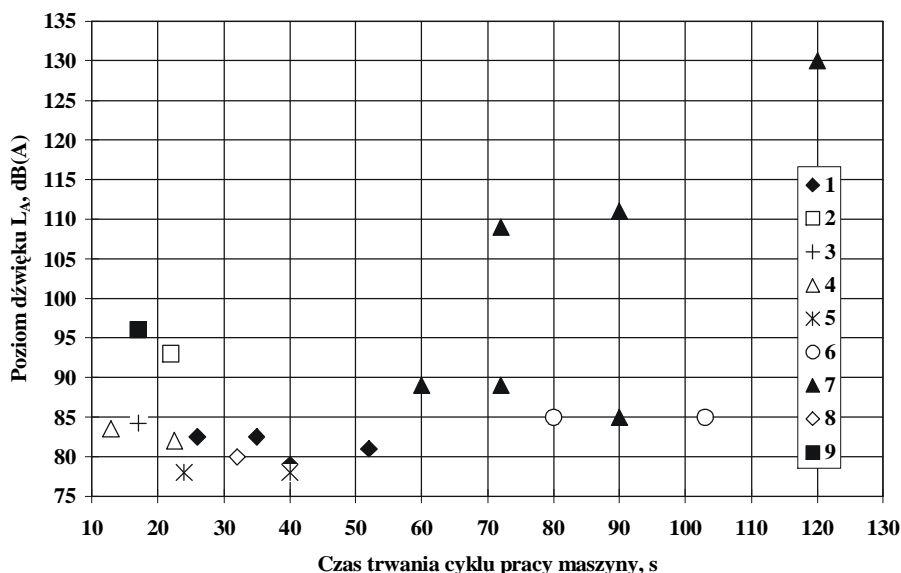
Metody zagęszczania stosowane we współczesnych formierkach zapewniają bardzo dobre efekty technologiczne. Wysoka jakość form pozwala między innymi zwiększyć dokładność wymiarową odlewów, otrzymać dobrą jakość ich powierzchni, w wielu wypadkach stwarza możliwość wyeliminowania rdzeni oraz lepszego wykorzystania powierzchni płyty modelowej. Analiza danych dotyczących poszczególnych technik zagęszczania wskazuje, że wyższość należy przyznać metodom zagęszczania dwustopniowego (np. impulsowo-prasującym, strumieniowo-prasującym itd.). Doprasowanie pozwala na odpowiednie kształtowanie rozkładu zagęszczenia masy poprawiając jego równomierność wzdłuż wysokości formy.

Rozwój nowych metod zagęszczania jest związany z poprawą warunków pracy na stanowiskach formowania, zwłaszcza w zakresie emisji hałasu trudnego do ograniczenia w formierkach wstrząsowo-prasujących. Na rysunku 11 przedstawiono dane porównawcze emisji hałasu formierek. Widoczny jest wpływ czasu trwania cyklu pracy maszyny na poziom emitowanego dźwięku.

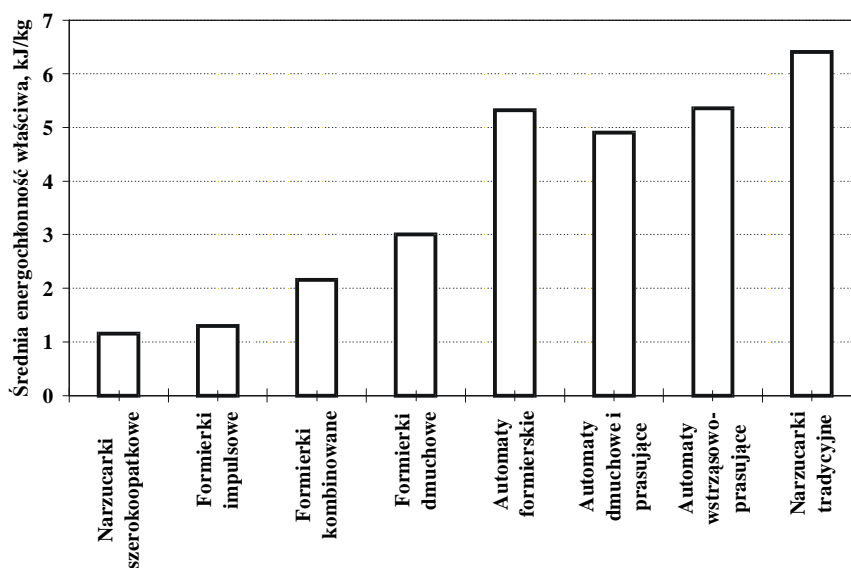
Wartości średniej energochłonności maszyn realizujących różne techniki formowania przedstawiono na rysunku 12. Obliczenia energochłonności przeprowadzono [12] w oparciu o dane katalogowe wybranych urządzeń. Uwzględniono przy tym takie parametry jak: wydajność i związane z tym zapotrzebowanie na masę formierską, zużycie powietrza oraz zainstalowaną moc.

Wykorzystanie dostępnych w literaturze wyników badań procesu formowania i pracy maszyn do ich oceny porównawczej jest utrudnione z powodu różnorodnych technik pomiarowych oraz zróżnicowanych warunków badań. W związku z tym często publikowane porównania rozkładów gęstości wzdłuż wysokości form zagęszczanych różnymi metodami nie są miarodajne.

Podawane przez producentów dane dotyczą także zróżnicowanych zestawów parametrów maszyn. Z tego też względu bardziej wiarygodną wydaje się ocena jakościowa w oparciu o wybrane kryteria - tabela 2.



Rys.11. Emisja hałasu w zależności od czasu trwania cyklu pracy formierek:
1-podciśnieniowo- prasującej, 2- strzelarko-prasy, 3-impulsowej,
4-strumieniowo-prasującej, 5-dynamicznie prasującej,
6-wibracyjno prasującej, 7-wstrząsowo-prasującej, 8-prasującej,
9- impulsowej, bez tłumików wylotu powietrza



Rys.12. Wykres porównawczy różnych maszyn formierskich pod względem średniej energochłonności właściwej [12]

Tablica 2

Ocena technik formowania

Metoda Kryterium oceny	Prasowania	Wstrząsowo- -prasująca	Impulsowa (impulsowo- -prasująca)	Strumieniowo- -prasująca	Podciśnieniow- o-prasująca	Wibracyjno- -prasująca	Prasowania dynamicznego
Efekty zagęszczania	dobrze	dobrze	dobrze (bardzo dobrze)	bardzo dobrze	bardzo dobrze	dobrze	bardzo dobrze
Możliwość sterowania zagęszczaniem	średnia	średnia	duża	bardzo duża	duża	średnia	bardzo duża
Wielkość wykonywa- nych form	średnie	średnie, duże	średnie, duże	średnie, duże	średnie	średnie	średnie
Wymagania stawiane oprzyrządo- waniu	małe	małe	bardzo duże	bardzo duże	duże	małe	małe
Zapotrzebo- wanie energii	małe	duże	małe	duże	duże	małe	duże
Warunki bezpieczeństwa pracy	bardzo dobrze	złe	dobrze	bardzo dobrze	bardzo dobrze	dobrze	bardzo dobrze

6. Podsumowanie.

Przedstawione techniki formowania, realizowane przez nowoczesne formierki o wysokiej wydajności i niezawodności, dają możliwość wykonywania dokładnych form dla bardzo szerokiego asortymentu odlewów, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań sozotechniki.

Wyrażna jest tendencja do wielowariantowej realizacji procesu zagęszczania. W większości maszyn stosowane są obecnie metody dwustopniowego zagęszczania z doprasowaniem w drugim stopniu. W zespołach prasujących stosowane są najczęściej głowice wielotłokowe, ale również spotyka się głowice przeponowe. Doprasowanie w maszynach, mogących zagęszczać masę w cyklu jednostopniowym (np. formierki impulsowe) stwarza warunki poprawy efektów technologicznych i zwiększa ich uniwersalność. Można wyrazić opinię, że dalszy rozwój maszyn formierskich będzie podążał w kierunku optymalnego sterowania ich pracą, w tym również procesem zagęszczania w celu uzyskania optymalnych właściwości technologicznych formy.

Rozwój nowych metod zagęszczania jest związany z poprawą warunków pracy na stanowiskach formowania. Zbliżone rozwiązania konstrukcyjne mechanizmów pomocniczych oraz struktury maszyn formierskich, które najczęściej są agregatami przelotowymi, jednostanowiskowymi, narzucają - przy tym samym stopniu automatyzacji - porównywalne wydajności. Uzyskiwanie wysokich wydajności maszyn przy obecnym poziomie automatyzacji z reguły nie sprawia żadnych problemów, bowiem czas trwania samej operacji zagęszczania nie limituje wydajności formierki.

Literatura:

- [1] Bast J., Gregoraszczyk M.: Vibro-Pressing in the Process of Mechanized Moulding. Metallurgy and Foundry Engineering. AGH, nr 1, 1995, s. 49.
- [2] Dańko J., Fedoryszyn A.: Analysis of Automatic Casting Lines for Flaskless Moulding. Metallurgy and Foundry Engineering. AGH, nr,1, 1997, s. 61.
- [3] Dańko J., Fedoryszyn A., Bodzoń L., Smyksy K.: Automatyczne linie nowej generacji. Materiały III Seminarium " Prognozy rozwoju odlewnictwa w Polsce na tle tendencji światowych". Instytut Odlewnictwa, Szczyrk, 1996, s. 11.1.
- [4] Dańko J., Smyksy K., Fedoryszyn A., Bodzoń L.: Prognozy rozwoju odlewnictwa w Polsce na tle tendencji światowych, Temat II: Maszyny i mechanizacja procesów odlewniczych, Cz. 2. Maszyny do wykonywania form i rdzeni. Projekt zamawiany KBN. Instytut Odlewnictwa, Kraków, 1995 r.
- [5] Dańko J., Fedoryszyn A., Smyksy K., Bodzoń L.: Prognozy rozwoju odlewnictwa w Polsce na tle tendencji światowych, Temat II: Maszyny i mechanizacja procesów odlewniczych, Cz. 3. Struktury i rozwiązania automatycznych linii odlewniczych. Wyposażenie gniazd i linii formierskich. Urządzenia do wybijania odlewów. Projekt zamawiany KBN. Instytut Odlewnictwa, Kraków, 1996.
- [6] Dańko J., Smyksy K.: Perspektywy rozwoju skrzynkowych maszyn formierskich w świetle analizy aktualnych metod zagęszczania. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Technicznej "Eksploracja i unowocześnianie wyposażenia odlewni", Kutno, 1996, s. 21.
- [7] Fedoryszyn A., Smyksy K., Bobok L': Maszyny i urządzenia odlewnicze na targach CAST-EX i FONDE-EX' 96. Przegląd Odlewnictwa, 11, 1996, s. 228.
- [8] Łempicki J.: Formowanie pod wysokimi naciskami. WNT. Warszawa, 1970.
- [9] Materiały ofertowe producentów maszyn formierskich.
- [10] Pelczarski S. i in.: Systemy mechanizacji i automatyzacji formiarni opartych na technologii form piaskowych. Skrypt AGH nr. 595. Kraków, 1977.
- [11] Smyksy K., Fedoryszyn A., Gregoraszczyk M.: Źródła hałasu w przemyśle odlewniczym i sposoby jego ograniczenia. Materiały III Seminarium Naukowo - Szkoleniowego "Ochrona Środowiska w Odlewnictwie". Wydział Odlewnictwa AGH, STOP. Kraków 1998, s.41.
- [12] Żurawski L., Dańko J., Bodzoń L.: Założenia porównawczej oceny energochłonności różnych maszyn formierskich. Materiały II Międzynarodowej Konferencji „Nowoczesne technologie odlewnicze - Ochrona środowiska”, Wydział Odlewnictwa AGH, STOP. Kraków 1997, s. 130.

dr inż. Krzysztof Smyksy

*Wydział Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. S.Staszica w Krakowie*

WYBRANE ASPEKTY FORMOWANIA IMPULSOWEGO

Streszczenie

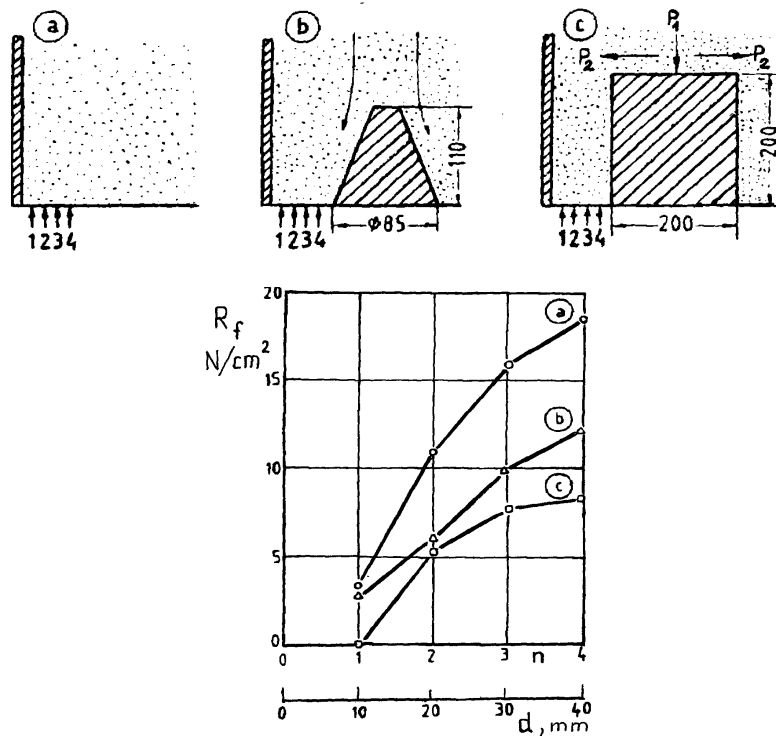
W referacie dokonano przeglądu odmian formowania impulsowego. Omówiono wybrane aspekty metody impulsowej związane ze specyficznym przebiegiem procesu zagęszczania masy. Zaprezentowano wyniki własnych badań procesu formowania impulsowego i jego odmian. Zwrócono uwagę na związki pomiędzy parametrami technologicznymi a parametrami maszyny. Uwzględniono między innymi takie parametry technologiczne jak: rodzaj masy formierskiej, początkowa wysokość warstwy masy, stopień odpowietrzenia płyty modelowej, kształt modeli. Wśród parametrów związanych z maszyną analizowano wpływ powierzchni przelotowej zaworu, objętość głowicy impulsowej, wartość ciśnienia roboczego. Badania obejmowały pomiary efektów zagęszczania: twardość i gęstość w wybranych punktach formy oraz pomiary dynamiczne: ciśnienia powietrza nad powierzchnią masy i nacisków na płytę modelową.

1. Wstęp.

Aktualnie w technice światowej formowanie impulsowe jest szeroko rozpowszechnioną metodą wykonywania form. W kraju również wzrasta ilość użytkowników maszyn impulsowych. Formierki tego typu znajdują się także w ofercie krajowych producentów maszyn odlewniczych. Metoda impulsowa, podobnie jak inne techniki zagęszczania masy, ma swoją specyfikę. Istotne jest zwłaszcza bezpośrednie oddziaływanie sprężonego powietrza na powierzchnię zagęszczanej masy, powodujące występowanie silnej współzależności pomiędzy parametrami technologicznymi a parametrami maszyny [2,3,13,14]. W klasycznej, jednostopniowej metodzie impulsowej warunkiem uzyskania dobrze zagęszczonej formy jest dostosowanie parametrów procesu oraz maszyny do zmiennych warunków technologicznych. Analiza literatury technicznej pozwala zauważyć, że nadal prowadzone są prace badawcze w obszarze procesu impulsowego, związane z nowymi jego wariantami oraz usprawnieniem pracy maszyn. Wyniki powyższych badań mogą być również przydatne dla użytkowników maszyn impulsowych.

2. Odmiany metody impulsowej.

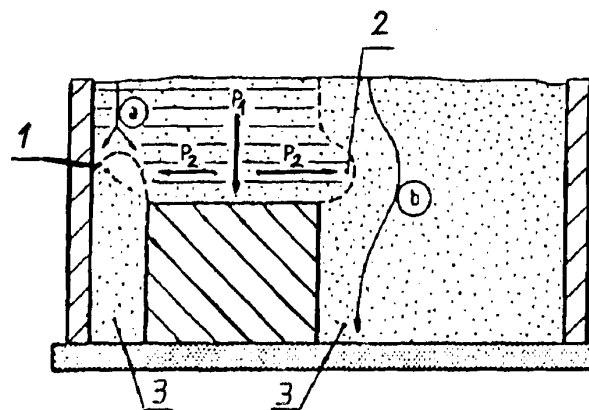
Klasyczna metoda impulsowa, polegająca na jednostopniowym procesie dynamicznego zagęszczania masy strumieniem powietrza, została wzbogacona w ostatnim okresie o nowe warianty. Mają one na celu eliminację ograniczeń procesu. Między innymi słabego zagęszczenia masy w górnych rejonach formy, co powoduje konieczność wykonywania wyższej formy, a następnie ścinania górnych warstw masy lub dodatkowego dogęszczenia form prasowaniem.



Rys.1. Wpływ kształtu modeli oraz ich odległości od ściany skrzyni - d , na wytrzymałość formy

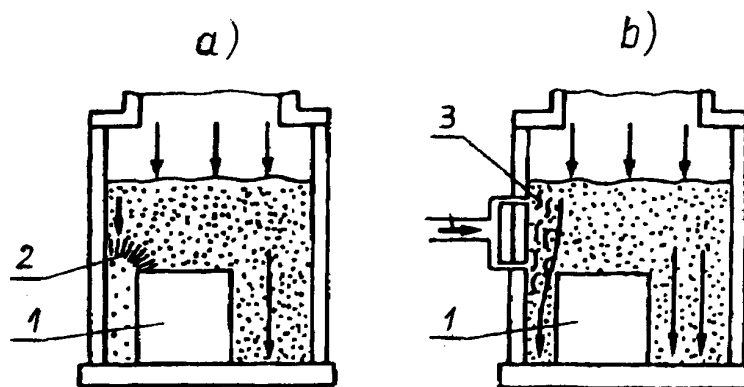
- R_f [4], a - forma bez modeli, b - modele "poślizgowe", c - modele "hamujące";
 p_1 - nacisk normalny, p_2 - nacisk boczny; 1, ..., 4 - punkty pomiarowe.

Innym, niekorzystnym czynnikiem jest nieodpowiedni stopień zagęszczenia masy w wąskich i smukłych szczelinach występujący przy określonej konfiguracji modeli (rys.1) lub pomiędzy modelami i ścianą skrzyni formierskiej - rys.2.



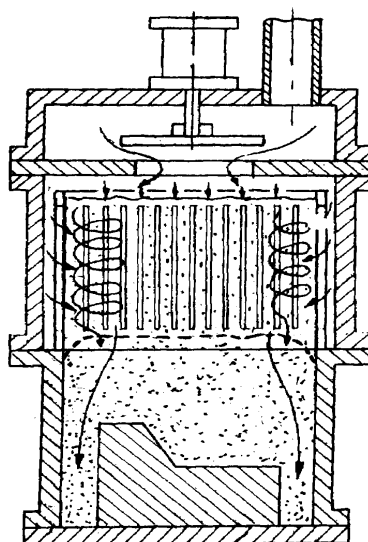
Rys.2. Mechanizm powstawania mostków wg. Boenisch [3], 1- mostek, 2-strefa podwyższonego zagęszczenia, 3- strefa "cienia"; p_1 - nacisk normalny, p_2 - nacisk boczny.

Zjawisko występowania tzw. "mostków", czyli obszarów masy o zwiększonej gęstości, blokujących przemieszczanie się masy w głąb szczeliny zostało opisane przez Boenisch [4]. Jego zdaniem skutecznym sposobem uniknięcia tego niepożądanego efektu jest doprowadzenie dodatkowego strumienia powietrza w obszarze tworzenia się mostka - rys.3.



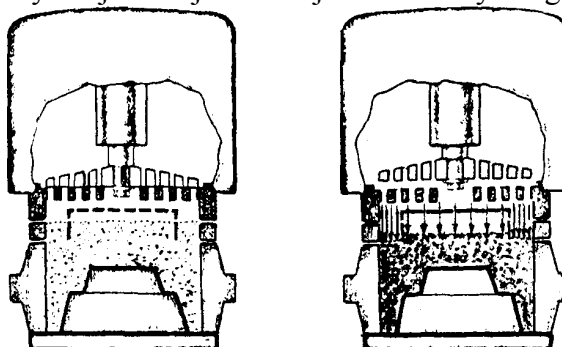
Rys.3. Sposób likwidacji mostków wg. Boenicha : a) konwencjonalna metoda impulsowa
b) doprowadzenie dodatkowego strumienia powietrza; 1- model, 2- mostek, 3- strefa oddziaływania dodatkowego strumienia.

W pewnym sensie powyższa idea zrealizowana jest w rozwiązaniu o nazwie firmowej Turbo-Impuls firmy +GF+ przedstawionym na rysunku 4 oraz Vario-Impuls (opracowanym przez firmę BMD) - rys.5.



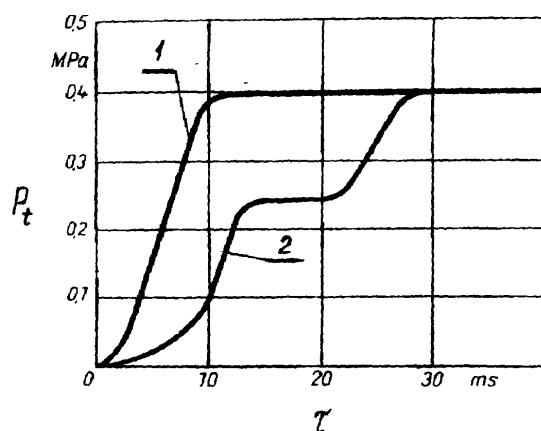
Rys.4. Głowica Turbo-Impuls firmy +GF+

W pierwszym rozwiązaniu wprowadzono w nadstawce dodatkową perforowaną komorę wewnętrzną mającą ułatwić ewakuację masy formierskiej z tej przestrzeni oraz skierować dodatkowy strumień powietrza w rejon przyścienny formy. Przeprowadzone przez autora badania nie potwierdziły w pełni skuteczności tej metody, jakkolwiek uzyskano poprawę zagęszczenia w rejonach przyściennych w stosunku do jej części centralnej (co schematycznie zaznaczono na rysunku 4) to jednocześnie obniżyło się średnie zagęszczenie w całej formie wskutek intensywnej filtracji i zmniejszenia efektywnego gradientu ciśnienia.



Rys.5. Głowica Vario-Impuls firmy BMD.

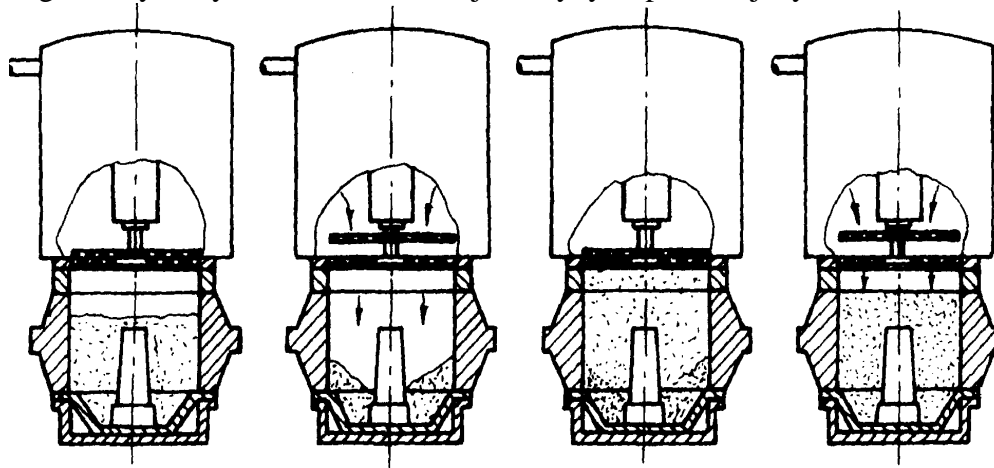
Proces Vario-Impuls wykorzystuje dławienie powietrza podczas jego przepływu poprzez perforowaną płytę umieszczoną pomiędzy głowicą impulsową a powierzchnią swobodną masy formierskiej. Prowadzi to do zróżnicowania przebiegu ciśnienia w rejonach zewnętrznych formy i wewnętrznych (pod perforowaną płytą) - rys.6.



Rys.6. Przebieg czasowy ciśnienia powietrza w rejonach zewnętrznych (przylegających do ściany skrzyni) - 1 oraz wewnętrznych - 2 (pod perforowaną płytą); proces Vario-Impuls [6].

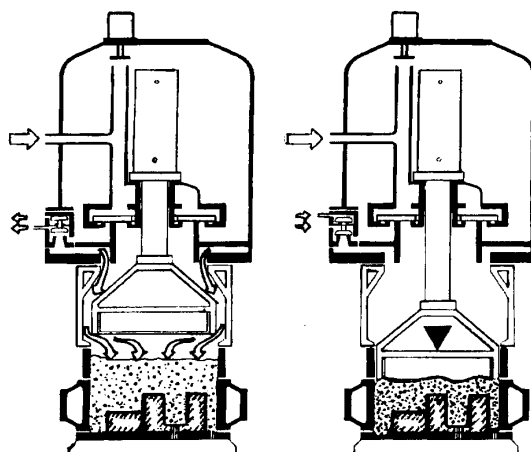
Perforacja płyty może być dostosowana do kształtu modelu. Szczeliny mogą być również aktywnie zmieniane w przypadku zastosowania dzielonej płyty dwuczęściowej z odrębnym napędem [11]. Z punktu widzenia energochłonności rozwiązanie ma cechy ujemne; głowica impulsowa powinna umożliwiać osiąganie dużych szybkości narastania ciśnienia.

Do ważniejszych odmian formowania impulsowego należą procesy dwustopniowego zagęszczania impulsowego. Formowanie podwójnym impulsem według koncepcji firmy BMD polega na wykorzystaniu standardowej maszyny impulsowej -rys.7.



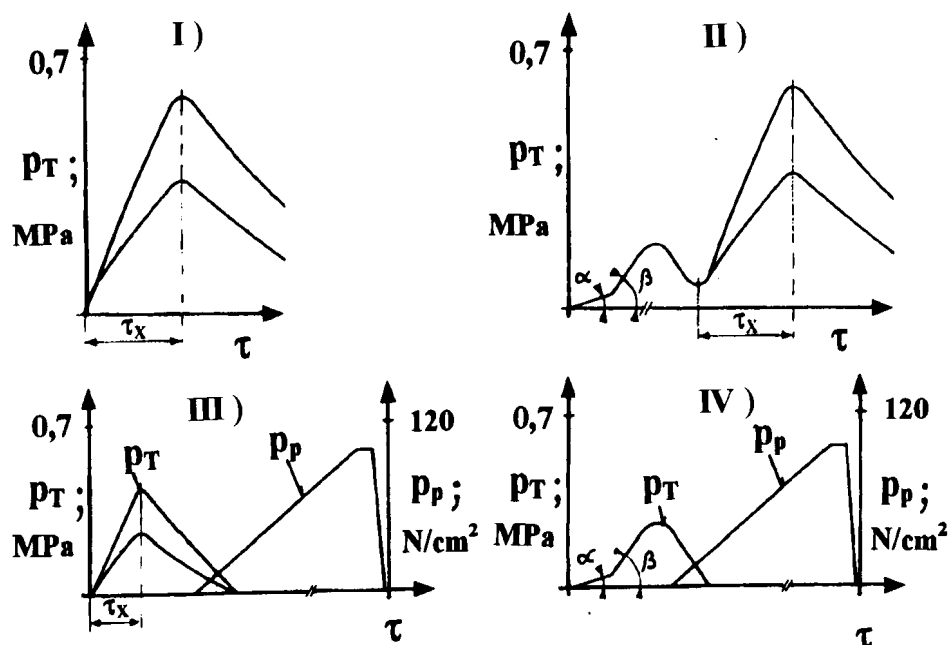
Rys.7. Zagęszczanie podwójnym impulsem według firmy BMD.

Pomiędzy pierwszym i drugim zagęszczaniem impulsowym następuje uzupełnienie masy w skrzynce. Proces zalecany jest w przypadku stosowania wysokich modeli. Wykonane przez autora badania wykazały, że niezbędnym warunkiem efektywnego procesu dwustopniowego zagęszczania impulsowego prowadzonego bez uzupełniania masy jest wyraźne zróżnicowanie mocy impulsu w pierwszej i drugiej fazie procesu. Wyrazem najnowszych tendencji w zakresie formowania impulsowego rozwiązanie Impact Multi System firmy GEORG FISCHER DISA - rys.8 [5,7,11].



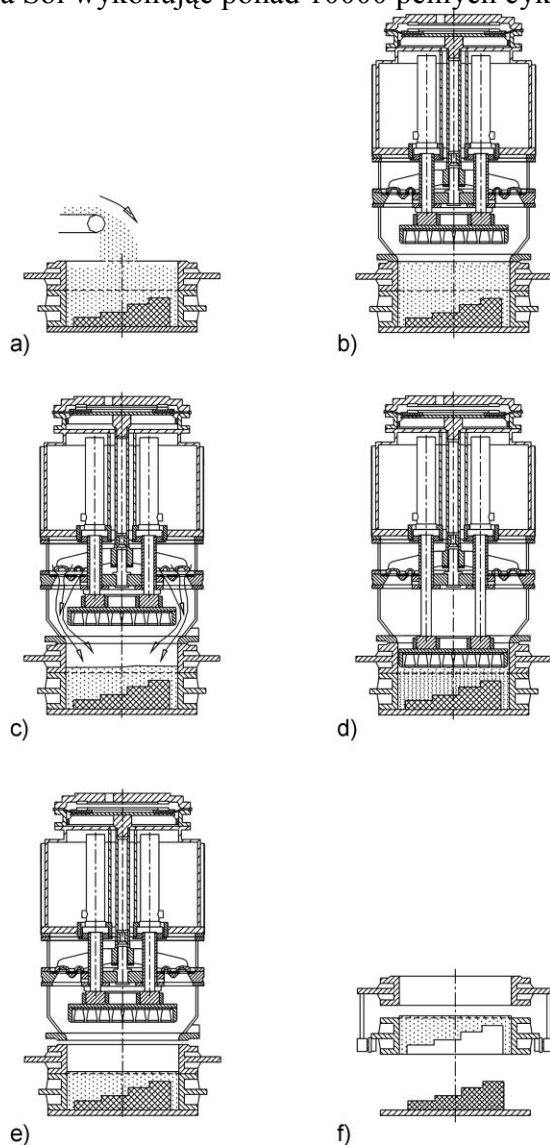
Rys.8. Głowica impulsowa Impact Multi System firmy GEORG FISCHER DISA.

Dwa zawory impulsowe o zróżnicowanej powierzchni i dynamice działania umożliwiają kształtowanie przebiegu ciśnienia sprężonego powietrza nad powierzchnią masy. Sposób zmiany ciśnienia, a zwłaszcza zróżnicowanie mocy impulsu w poszczególnych fazach procesu stwarza lepsze warunki zagęszczania w krytycznych rejonach formy. Uzupełnieniem zagęszczania impulsowego jest doprasowanie masy, poprawiające zagęszczenie w górnych rejonach formy. Podstawową zaletą systemu jest stworzenie "elastycznego" sterowania procesem zagęszczania masy formierskiej, niezależnego od stopnia skomplikowania modeli, co uzyskuje się stosując odpowiedni wariant procesu oraz dobór jego parametrów - rys 9. W zespoły doprasowujące masę formierską wyposażają maszyny impulsowe również inne firmy np. TECHNICAL, FORMTEC, FDC i LORAMENDI [5,10,18].



Rys.9. Warianty procesu zagęszczania w rozwiązaniu Impact Multi System firmy GEORG FISCHER DISA; I- Impact (proces impulsowy), II- Impact plus (dwustopniowy proces impulsowy), III- Impact z doprasowaniem, IV- Impact plus z doprasowaniem; p_T - ciśnienie powietrza nad powierzchnią masy, p_P - nacisk prasujący, τ - czas, τ_x - czas narastania ciśnienia (maks. 0,02 s).

Rysunek 10 przedstawia etapy procesu wykonania formy na maszynie impulsowo-prasującej FT- 65 firmy TECHNICAL (Nowa Sól). Formierka wyposażona jest w napęd pneumatyczny i hydrauliczny (prasowanie), a dzięki obrotowemu układowi zamiany płyt modelowych może wykonywać dolne i górne półformy, zastępując parę klasycznych maszyn formierskich. Operacje dozowania masy (rys. 10a) oraz oddzielania modelu od formy (rys.10f) odbywają się na stanowisku przed maszyną, pozostałe operacje (rys.10 b,c,d,e) przeprowadzane są na stanowisku znajdującym się w obrysie maszyny. Zastosowany wariant konstrukcyjny jest korzystny ze względu na występujące podczas formowania siły statyczne i dynamiczne (zamknięty układ sił). Przyjęte rozwiązanie zespołu zaworowego stwarza duże możliwości sterowania jego pracą oraz zapewnia dobrą szczelność [14]. Podobnie jak w rozwiązaniu omawianym poprzednio podkreślenia wymaga uniwersalność formierki. Dzięki nowoczesnemu układowi sterowania (sterownik PLC) [19] oraz rozwiązaniu konstrukcyjnemu możliwy jest wybór wariantu zagęszczania: impulsowe, impulsowe z doprasowaniem, prasowanie. Przewidziano również możliwość bezstopniowej regulacji siły prasowania oraz mocy impulsu. Producent podkreśla wysoką jakość wykonywanych, spełnienie wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy szczególnie pod względem poziomu emitowanego hałasu i wibracji, możliwość stosowania maszyny w zmechanizowanych gniazdach i liniach formierskich. Formierka typu FT-65 przeszła pomyślnie próby technologiczne i wytrzymałościowe na stanowisku doświadczalnym w firmie TECHNICAL-Nowa Sól wykonując ponad 10000 pełnych cykli pracy [19].



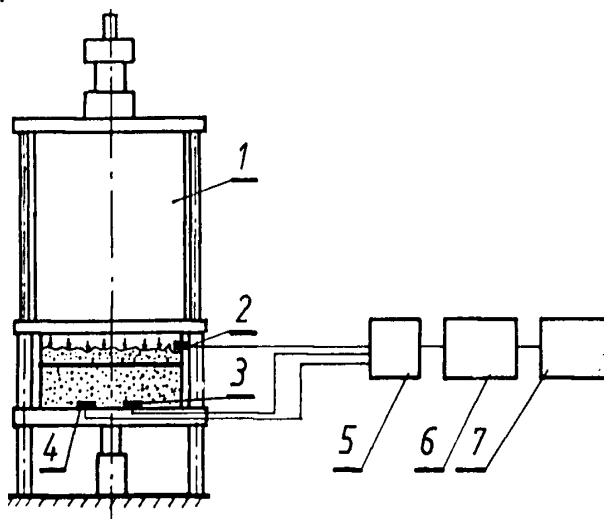
Rys.10. Przebieg procesu formowania na maszynie impulsowo-prasującej FT-65 firmy TECHNICAL - Nowa Sól [19]; a- dozowanie masy, b- zwieranie zestawu: skrzynka formierska - ramka nadmiarowa z głowicą impulsowo-prasującą i płytą modelową, c- zagęszczanie impulsowe, d- doprasowanie, e- rozwieranie układu, f- oddzielenie modelu od formy.

Opisywane są również próby zwiększenia dynamiki procesu impulsowego [8,9]. Warianty bardzo szybkich zaworów impulsowych, o czasie otwarcia około 0,002 s, pozwalają uzyskać szybkości narastania ciśnienia powietrza nawet do 300 MPa/s i tym samym zmniejszyć wymiary głowicy impulsowej, której stosunek objętości do objętości formy mieści się w granicach 0,5 do 1,0, podczas gdy w rozwiązaniach tradycyjnych stosunek ten wynosi około 3. Można jednak stwierdzić, że obecnie dominują raczej tendencje do obniżania mocy impulsu.

3. Wybrane wyniki badań formowania impulsowego.

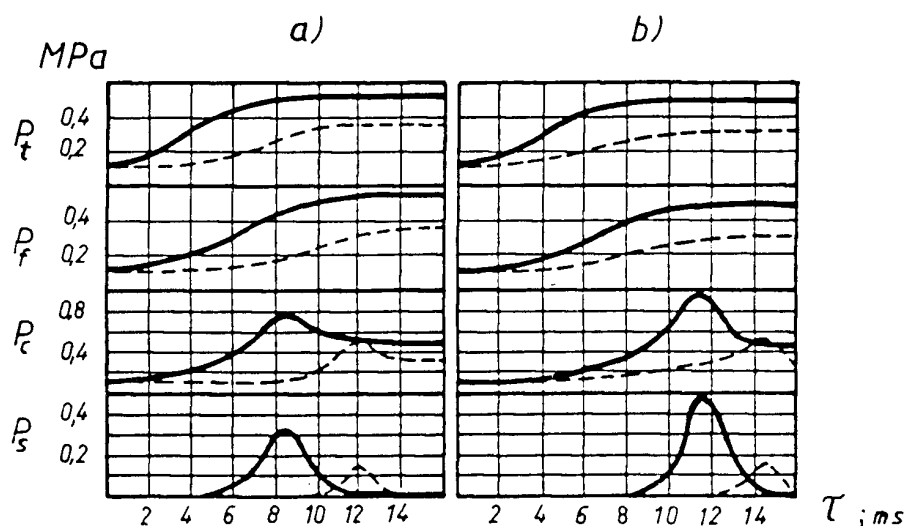
Złożone procesy niustalonego przepływu powietrza (także w ośrodku porowatym - masie formierskiej) oraz przemieszczania się z dużą prędkością warstw masy pod wpływem dynamicznego obciążenia zachodzące podczas formowania impulsowego są trudne do analitycznego ich opisu [16]. Nadal podstawowym źródłem informacji o odrębnościach metody impulsowej są więc wyniki uzyskane na drodze eksperymentalnej. Większość publikowanych prac dotyczy parametrów wykonywanych form [np. 1,6], rzadziej są publikowane wyniki badań charakteryzujących przebieg procesu impulsowego oraz parametry maszyn formierskich [2,14,17]. Trudności pomiarowe stwarza szybkozmiennosc procesów oraz konieczność stosowania specjalistycznej aparatury [15,17].

W badaniach procesu impulsowego wykorzystano zaprojektowaną przez autora doświadczalną formierkę z zaworem płytowym. Schemat stanowiska badawczego przedstawia rysunek 11.



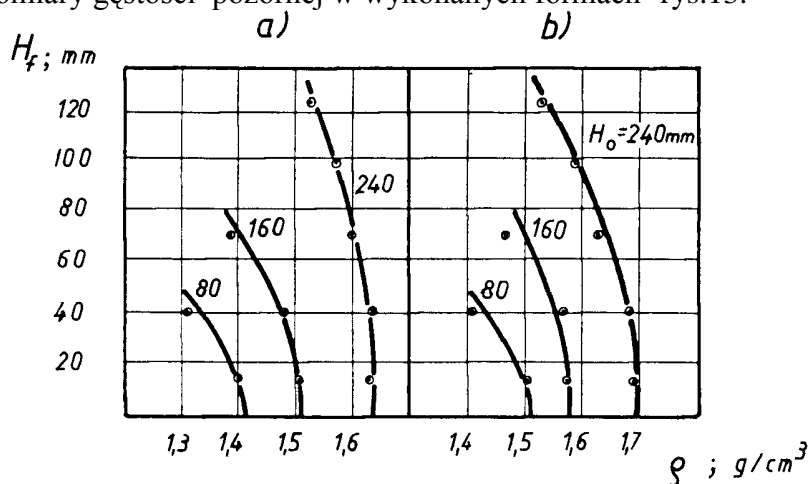
Rys.11. Schemat stanowiska badawczego: 1- formierka doświadczalna, 2,3- czujniki ciśnienia, 4- czujnik nacisku całkowitego, 5- blok zasilania, 6- blok przetwarzania, 7- mikrokomputer z kartą pomiarową.

W przypadku badań ukierunkowanych na określenie optymalnych parametrów maszyny formierskiej stosowano w układzie dodatkowo czujniki, m.in. : przemieszczenia zaworu, docisku płyty zaworowej. sił w układzie zwierania, ciśnienia w głowicy impulsowej [12,15]. Stosowano skrzynki o wymiarach 300 x 400 x 80 mm, łączone w zestawy o różnej wysokości. Podstawową masą używaną w badaniach [17] była syntetyczna masa o składzie: piasek „Szcakowa”- 100 cz.w., bentonit „Zębiec”- 8cz.w., woda~ 2,5 %; $R_c^w = 0,08 \text{ MPa}$ i $P^w = 290 \times 10^{-8} \text{ m}^2 / \text{Pa} \cdot \text{s}$. Stosowano również inne rodzaje mas: syntetyczną z bentonitem jugosłowiańskim, bezwodną bentonitową oraz przemysłową masę obiegową z dodatkiem pyłu węglowego. W trakcie pomiarów rejestrowano przebiegi ciśnienia powietrza nad masą i w rejonie płyty modelowej oraz naciski dynamiczne masy na płytę modelową. Efekty zagęszczania oceniano poprzez pomiar gęstości- metodą sondowania oraz twardości powierzchniowej (twardościomierz IO, skala C).



Rys.12. Przebiegi czasowe podstawowych wielkości w procesie formowania impulsowego; początkowa wysokość warstwy masy: a) 160 mm, b) 240 mm; p_t - ciśnienie powietrza nad powierzchnią masy, p_f - ciśnienie powietrza w rejonie płyty modelowej, p_c - naciski całkowite na płytę modelową, p_s - naciski skuteczne na płytę modelową. Linie ciągle: ciśnienie wyjściowe- 0,6 MPa, linia przerywana- 0,4 MPa.

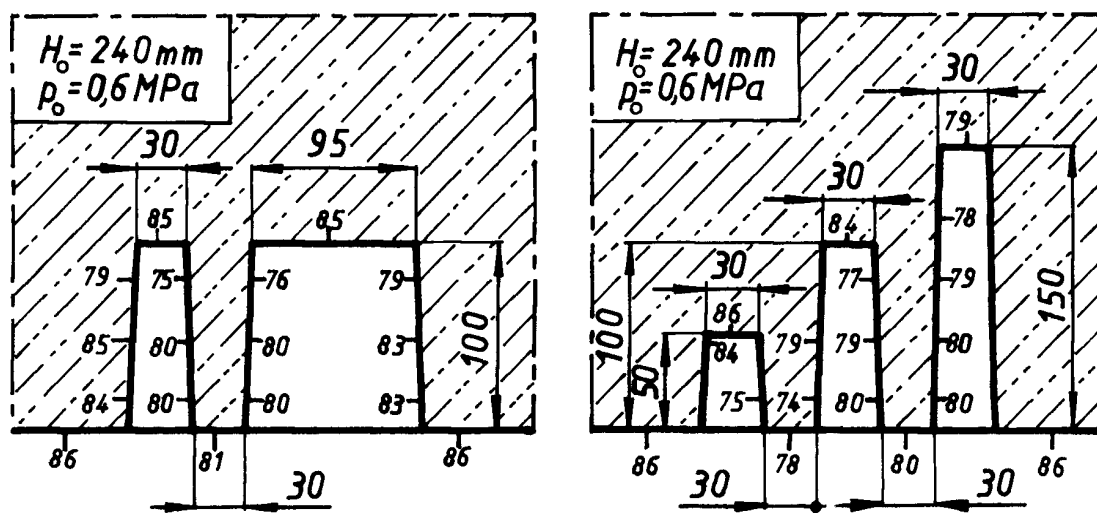
Rysunek 12 przedstawia przykładowe wyniki serii pomiarów dynamicznych, uzyskanych przy zmiennych parametrach procesu. Widoczny jest wpływ na przebieg procesu wyjściowego ciśnienia w głowicy impulsowej oraz wyraźny wpływ początkowej wysokości warstwy masy. Większa wysokość prowadzi do większych wartości nacisków na płytę modelową a tym samym lepszych efektów zagęszczania. Powyższe spostrzeżenie potwierdzają pomiary gęstości pozornej w wykonanych formach- rys.13.



Rys.13. Rozkład gęstości- ρ wzdłuż wysokości formy- H_f ; ciśnienie początkowe w głowicy impulsowej: a) 0,4 MPa, b) 0,7 MPa; H_o - początkowa wysokość warstwy masy.

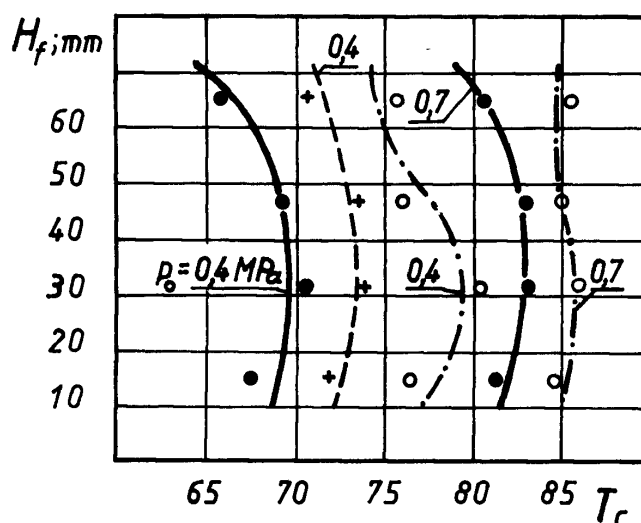
Analiza przebiegów czasowych umożliwiła skojarzenie wielkości charakteryzujących proces: szybkości narastania ciśnienia nad masą formierską, nacisków skutecznych oraz efektów zagęszczania z parametrami konstrukcyjnymi maszyny. Wartość maksymalnego ciśnienia powietrza, osiąganego nad masą zależy głównie od stosunku objętości głowicy impulsowej do objętości przestrzeni technologicznej oraz stosowanego ciśnienia wyjściowego [12,13,17]. Na szybkość narastania ciśnienia w przestrzeni nad masą poza wymienionymi poprzednio parametrami ma istotny wpływ powierzchnia zaworu impulsowego (a ściślej jego charakterystyka dynamiczna) oraz również technologiczne parametry procesu: początkowa wysokość warstwy masy i jej właściwości. Szybkość narastania ciśnienia nie jest

wystarczającym parametrem do oceny przebiegu procesu, o efektach zagęszczania decyduje wartość dynamicznych nacisków skutecznych, wywieranych przez warstwy masy. Zmiana rodzaju masy prowadziła do ilościowych zmian zależności, przy zachowaniu ich charakteru jakościowego. Stwierdzono uzyskiwanie lepszych efektów zagęszczania w przypadku mas o małej wilgotności zawierających bentonit o lepszej jakości. Wysoką gęstość i twardość otrzymywano również w formach wykonywanych z masy obiegowej z dodatkiem pyłu węglowego. Potwierdzenie uzyskały znane z literatury zalecenia związane ze stopniem spulchnienia masy. W przypadku wykonywania form z masy przesianej przez sito wartości twardości i gęstości były większe w porównaniu do masy bezpośrednio dozowanej. Schematy form wykonanych z zastosowaniem modeli o zróżnicowanych kształtach z zaznaczonymi wartościami twardości przedstawia rysunek 14 [17].



Rys.14. Rozkład twardości w formach testowych (długość modeli 220 mm).

Widoczne są dobre efekty formowania, nawet w przypadku szczelin o dużych smukłościach. Próby formowania w których nawilżano powierzchnię zagęszczanej masy lub nakładano na nią folię prowadziły do wyraźnej poprawy zagęszczenia- rys.15, ale tylko w przypadku form bez modeli.



Rys.15. Rozkład twardości wzdłuż wysokości form; linia punktowa - folia położona na powierzchni form, linia przerywana - nawilżenie powierzchniowe warstwy masy.

W formach z modelami zagęszczenie masy w szczelinach ulegało wówczas zdecydowanemu pogorszeniu. Badania roli odpowiedź (w zakresie 0÷5 %) płyty modelowej nie dały jednoznacznej odpowiedzi co do ich pozytywnego wpływu na zagęszczenie przy stosowaniu dużej szybkości narastania ciśnienia. Zarówno w formach bez modeli jak i z modelami (odpowietrzenia rozmieszczono w szczelinach) różnice w twardości były stosunkowo niewielkie i nie przekraczały kilku jednostek. Przy mniejszej dynamice procesu rola odpowiedź była istotna dla osiągniętych efektów zagęszczania. Przeprowadzone badania w zakresie małej szybkości narastania ciśnienia odpowiadającej procesowi Seiatsu potwierdziły konieczność stosowania odpowiedź w krytycznych rejonach formy [1,10].

4. Podsumowanie.

Proces formowania impulsowego można prowadzić wielowariantowo i z bardzo zróżnicowaną dynamiką. Różnice w efektach zagęszczania mogą być wynikiem zamierzonych zmian parametrów procesu, ale także mogą być spowodowane przypadkowymi zmianami parametrów technologicznych. Ocenę przebiegu procesu oraz ustalenie związków pomiędzy parametrami maszyny a uzyskiwanymi efektami formowania zdecydowanie ułatwiają pomiary dynamiczne. Technologia formowania impulsowego posiada swoją odrębność wyrażoną wymaganiami w stosunku do masy formierskiej oraz uzależnieniem efektów zagęszczania od wysokości warstwy masy nad powierzchnią modeli oraz ich ukształtowania. Omawiane zagadnienia powinny być brane pod uwagę przy optymalizacji konstrukcji impulsowych maszyn formierskich oraz ich układów sterowania, a także w projektowaniu oprzyrządowania modelowego. Analiza współczesnych maszyn impulsowych pozwala stwierdzić, że z reguły dają one możliwość wielowariantowej realizacji procesu. W stosunku do wcześniejszych rozwiązań uległa zatarciu ostra granica pomiędzy procesem impulsowym (o dużej dynamice) i strumieniowym (Seiatsu). Wyposażenie tych maszyn 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. Podkreślenia wymaga fakt, że krajowe rozwiązania tego typu formierek pod względem nowoczesności koncepcji oraz poziomu technicznego zastosowanych zespołów nie ustępują maszynom zagranicznym.

Spis literatury:

1. Bast J., Heinrich M.: Entwicklungstendenzen bei der Formherstellung auf der Basis der tongebundener Formstoffe. Giessereitechnik .1989, nr 11, s.336- 341.
2. Biedacha R.: Wpływ zmian parametrów fizycznych niektórych zespołów wykonawczych formierki impulsowej na skuteczność zagęszczania, energochłonność i ochronę środowiska. Prace Instytutu Odlewnictwa, 1993, z.4, s.261- 271.
3. Boenisch D., Daume K.: Formstoffe, Formmaschine und Formstoffprüfung zur Optiemierung der Impulsverdichtung. Giesserei. 1984, nr 10, s. 381- 393
4. Boenisch D.: Besonderheiten der Gasdruckverdichtung von Nassgussanden. Giesserei, 1982, nr 21, s.593 - 598.
5. Dańko J., Smyksy K.: Nowoczesne tendencje w zakresie wytwarzania form i rdzeni odlewniczych. Materiały pomocnicze do szkolenia inżynierów odlewników, Hüttenes - Albertus GMBH, Düsseldorf, STOP, Fundacja „Nowoczesne Odlewnictwo Polskie”, Kraków - Opole -kwiecień 1994, s. 1 -13.
6. Fleming E., Tilch W.: Formstoffe und Formverfahren. DVG, Leipzig-Stuttgart 1993.

7. Makohonenko K.: Nowoczesne metody zagęszczania form odlewniczych oraz ich usuwania ze skrzyń formierskich. Mat. Symp.: Nowe Technologie Odlewnicze. Prodlaw W-wa, IO Kraków. Warszawa 1997.
8. Matwiejenko I.: Nowości w zakresie formowania impulsowego. Materiały I Międzynarodowej Konf. nt : Tendencje rozwojowe w mechanizacji procesów odlewniczych. AGH-PAN-STOP, Kraków 1994, s.41 - 43.
9. Mikulczyński T., Bogdanowicz J. : Wybrane badania dynamiki nowej głowicy do impulsowego formowania mas formierskich. Mat. VIII Konf.: Technologie rozwojowe w procesach produkcyjnych. PAN, Polit. Zielonogórska. Zielona Góra 1997, s.199-204.
10. Praca zespołowa: „Prognozy rozwoju odlewnictwa w Polsce na tle tendencji światowych”, Temat II: Maszyny i mechanizacja procesów odlewniczych, Cz. 2. Maszyny do wykonywania form i rdzeni. Instytut Odlewnictwa, Kraków, 31.12. 1995 r.
11. Shütt K.H.: GIFA'94: Form- und Kernherstellung im Überblick. Giesserei-Erfahrungsaustausch nr 10, 1994, s.479 - 490.
12. Smyksy K. : Wskaźniki działania impulsowych maszyn formierskich. Mat. Konf. Naukowej. Wyd. Odlewnictwa AGH, FWO, SW AGH, STOP. Kraków 1997, s.55-59.
13. Smyksy K., Dańko J., Bast J.: Zespoły zaworowe pneumatycznych maszyn formierskich nowej generacji. Mat. Konf. "Materiałoznawstwo, Odlewnictwo, Jakość", Politechnika Krakowska. Kraków 1997, s. 185-192.
14. Smyksy K.: Analiza rozwiązań impulsowych zespołów zaworowych. Mat. Konf. "Tendencje Rozwojowe w Mechanizacji Procesów Odlewniczych. Wyd. Odlewnictwa AGH, Komisja Met.-Odlewn. PAN, STOP. Kraków 1994, s. 67- 70.
15. Smyksy K.: Pomiary impulsowych maszyn formierskich. Prace Naukowe I.T.M.i A. PWr. 1993, nr 52, seria Konferencje nr 20, s. 279- 282.
16. Smyksy K.: Some Remarks about Air Flow Processes in Impulse Moulding Machines. Acta Metallurgica Slovaca 4, Special Issue 2, 1998, s. 118-121.
17. Smyksy K.: Technologiczne aspekty formowania impulsowego. Krzepnięcie Metali i Stopów nr 25, 1995, s.47- 52.
18. Stefanowicz M.: Formierka FT-65 produkcji Technical w Nowej Soli. Przegl. Odlewnictwa, t.47, 1997, s.244-246.
19. TECHNICAL, Nowa Sól: Materiały ofertowe i informacyjne.

mgr inż. Mikołaj Stefanowicz
inż. Paweł Gruber
mgr inż. Czesław Rudy
„TECHNICAL” – Nowa Sól

FORMIERKA DWUSTANOWISKOWA IMPULSOWO PRASUJĄCA FT – 65

I. Wstęp.

Przedsiębiorstwo TECHNICAL, kontynuując dobre tradycje Nowosolskiego ośrodka odlewniczego opracował i wykonał w ścisłej współpracy z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie prototypową formierkę impulsowo-prasującą typ FT-65.

Praca ta jest realizacją projektu celowego KBN.

Podejmując decyzję o tym przedsięwzięciu kierowaliśmy się następującymi przesłankami.

- Zaspokoić oczekiwania odlewni, które zamierzają modernizować swoje formiennie. Zaoferować tym odlewniom maszynę nowoczesną spełniającą nowe adekwatne do przełomu wieków wymagania.
- Wykonać maszynę, która będzie skutecznie konkurować z dość obszerną ofertą maszyn z importu. Jest to droga nie tylko do obniżki kosztów inwestycji, ale również wykorzystania polskiej myśli technicznej.
- Wzbogacić asortyment produkcji firmy TECHNICAL o wyrób, który przyniesie jej korzystne dywidendy, co w gospodarce rynkowej jest nie bez znaczenia.

Wykonany prototyp formierki FT-65 jest maszyną, którą można zdefiniować jako agregat formierski. Wykonuje bowiem na przemian dolne i górne półformy.

Przewidziany jest dla skrzyń formierskich o wymiarach prześwitu 600x500 mm oraz wysokości półformy od 150÷250 mm.

W naszych najbliższych planach przewidujemy opracowanie i wykonanie formierek również dla innych wymiarów skrzyń.

Formierka przeszła cały szereg prób mechanicznych i technologicznych na stanowisku próbnym TECHNICAL-u.

Przeprowadzono obszerny program badań i pomiarów, które potwierdziły słuszność przyjętej koncepcji oraz pełną przydatność maszyny do wykonywania form odlewniczych.

W niniejszym referacie chcemy przybliżyć czytelnikom budowę oraz działanie formierki FT-65.

II. Prezentacja formierki FT-65.

1. Wybór technologii.

Z licznych znanych i stosowanych metod zagęszczania masy formierskiej wybrano do zastosowania w FT-65 dwie:

- Zagęszczanie impulsem sprężonego powietrza.
Jest to zasadnicza część procesu zagęszczania. Zapewnia ona bardzo dobre parametry wnętrza formy oraz stref przymodelowych.
- Doprasowanie od góry.
Ta część procesu zagęszczania gwarantuje uzyskanie dobrego stopnia zagęszczenia również górnych partii półformy.

Obie w/w metody zintegrowane w jednej maszynie gwarantują dobrą jakość wnętrza formy oraz jej wytrzymałość w całej objętości, co jest ważne dla transportu i montażu form, oraz dla zalewania płynnym metalem.

2. Wybór konfiguracji.

Na wstępie przyjęliśmy założenie, że formierka musi mieć formułę agregatu tzn. musi wykonywać obie półformy dolną i górną.

Inaczej mówiąc formierka o formule agregatu zastępuje dwie formierki indywidualne.

Przy tym założeniu pojawił się problem wyboru:

- jak rozwiązać przemienność płyt modelowych dolna - górna.

Istniały dwie możliwości rozwiązania tego problemu:

Pierwsza - to zastosowanie układu liniowego w którym płyty modelowe wykonują ruchy posuwisto zwrotne.

Druga - to zastosowanie układu obrotowego w którym płyty modelowe wykonują ruchy obrotowo zwrotne.

Dla naszej maszyny FT-65 wybraliśmy drugą możliwość tzn. układ obrotowo-zwrotny.

Układ ten poza walorami mechanicznymi jak:

- prostota łożyskowania całego zespołu obrotowego
- prostota mechanizmu napędowego tzw. hydraulicznym siłownikiem obrotowym posiada również szereg zalet organizacyjnych.

Jedną z istniejących zalet polega na tym, że układ obrotowy wyprowadza każdorazowo płyty modelowe poza obręb maszyny co znacznie ułatwia:

- dozowanie masy formierskiej
- wymianę asortymentu płyt modelowych
- kontrolę i obsługę modeli na płytach modelowych.

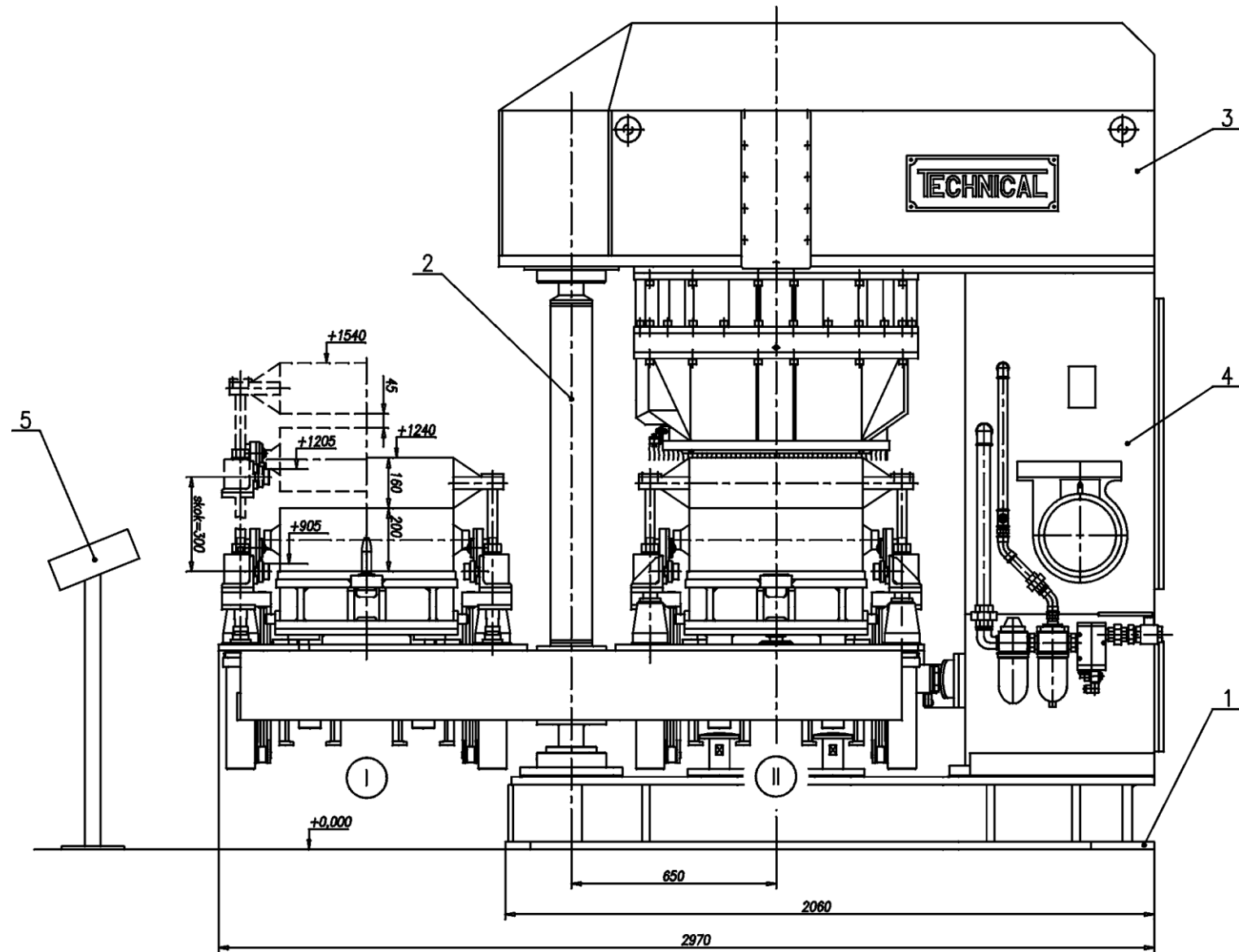
Wybrana konfiguracja formierki FT-65 przewidziana jest do pracy z ręczną obsługą formierza-operatora oraz do pracy w gnieździe lub linii o niepełnej automatyzacji.

Przy wykonaniu kilku prostych zabiegów konstrukcyjnych (w układzie oddzielania formy) otrzymujemy wariant formierki przystosowany do pracy w pełni zautomatyzowanej linii formierskiej.

Stąd jedną z cech wyróżniających formierkę jest brak jakichkolwiek zagłębień w fundamencie. Może ona być ustawiona w dowolnym miejscu na powierzchni odlewni.

3. Parametry techniczne formierki FT-65.

- | | |
|--|-----------------------|
| - Wymiary skrzynki formierskiej w świetle | - 600x500 mm |
| - Wysokość skrzynki formierskiej | - min. 150 mm |
| | - max 250 mm |
| - Wysokość ramki nadmiarowej | - 80% wys. skrzynki |
| - Głębokość modelu ujemnego | - 140 mm |
| - Wydajność formowania (maszynowa) | - 50 form/godz. |
| - Zakres ciśnień statycznych impulsu | - 0,2÷0,6 MPa |
| - Zakres regulacji siły prasowania | - 30÷200 kN |
| - Skok oddzielania | -250 mm |
| - Odległość ramki nadmiarowej od skrzynki po oddzieleniu | - 45 mm |
| - Ciśnienie powietrza zasilającego | - 0,6÷0,7 MPa |
| - Zużycie sprężonego powietrza na jedną półformę | - 0,7 Nm ³ |
| - Zainstalowana moc elektryczna | - poniżej 6 kW |
| - Napięcie zasilania | - 3x380 V. |



Rys. 1 Formierka Impulsowo - Prasująca

III. Budowa formierki FT-65.

Ogólna budowa formierki przedstawiona jest na rysunku 1.

W skład formierki wchodzi:

- Korpus podstawy poz. 1 w którym zabudowane są 4 siłowniki hydrauliczne służące do docisku skrzynki do głowicy impulsowej. W przedniej części tego korpusu umieszczono dolne łożyskowanie zespołu obrotowego
- Korpus główny poz. 4 w którym umieszczona jest aparatura hydrauliczna i pneumatyczna
- Zespół obrotowy poz. 2
- Głowica impulsowo- prasująca poz. 3
- Głowica ta jest umocowana sztywno na korpusie głównym. W swojej zaś przedniej części posiada drugie łożyskowanie oraz napęd zespołu obrotowego
- Zespół sterowania z pulpitem operatora poz.5.

1. Budowa zespołu obrotowo - oddzielającego.

Budowa tego zespołu pokazana jest bliżej na rysunku 2.

W skład zespołu wchodzi:

- Kolumna obrotowa poz. 1
- Stół obrotowy posiadający dwa stanowiska robocze I i II poz. 3
- Dwa nośniki płyt modelowych poz. 7 zawieszony są na stole swobodnie pionowo.
- Hydrauliczny siłownik obrotowy poz. 4
- Dwa niezależne zespoły oddzielania formy z siłownikami hydraulicznymi poz. 13, prowadnicami poz. 12 oraz listwami rolkowymi poz. 11
- Dwie nadstawki poz. 9 sprzęgnięte odpowiednio z listwami rolkowymi

2. Budowa głowicy impulsowo - prasującej.

Budowa tego zespołu pokazana jest na rys. 3.

W skład zespołu wchodzi:

- Korpus poz. 1 stanowiący zasobnik sprężonego powietrza dla impulsu.
- Siłownik membranowy poz. 2 służący do napędu talerza zaworu impulsowego
- Zawór impulsowy złożony z talerza poz. 4 oraz gniazda zaworu poz. 5
- Zawór sterujący poz. 3
- Stempel prasujący poz. 9
- Siłowniki hydrauliczne prasy poz. 8

Stempel prasujący umieszczony jest w głowicy pośredniej poz.7

Stempel ten może być płytą sztywną lub elastyczną.

3. Napęd hydrauliczny.

Napęd hydrauliczny maszyny mieści się w korpusie głównym poz. 4.

Dolna część tego korpusu jest zbiornikiem oleju hydraulicznego.

W części górnej umieszczone są rozdzielacze hydrauliczne i inna aparatura sterująca.

Jednostką napędową jest pompa wielotłoczkowa osiowa o zmiennej wydajności firmy REXROTH. W sterowaniu niektórych ruchów maszyny zastosowano rozdzielacze i zawory proporcjonalne sterowane elektronicznie.

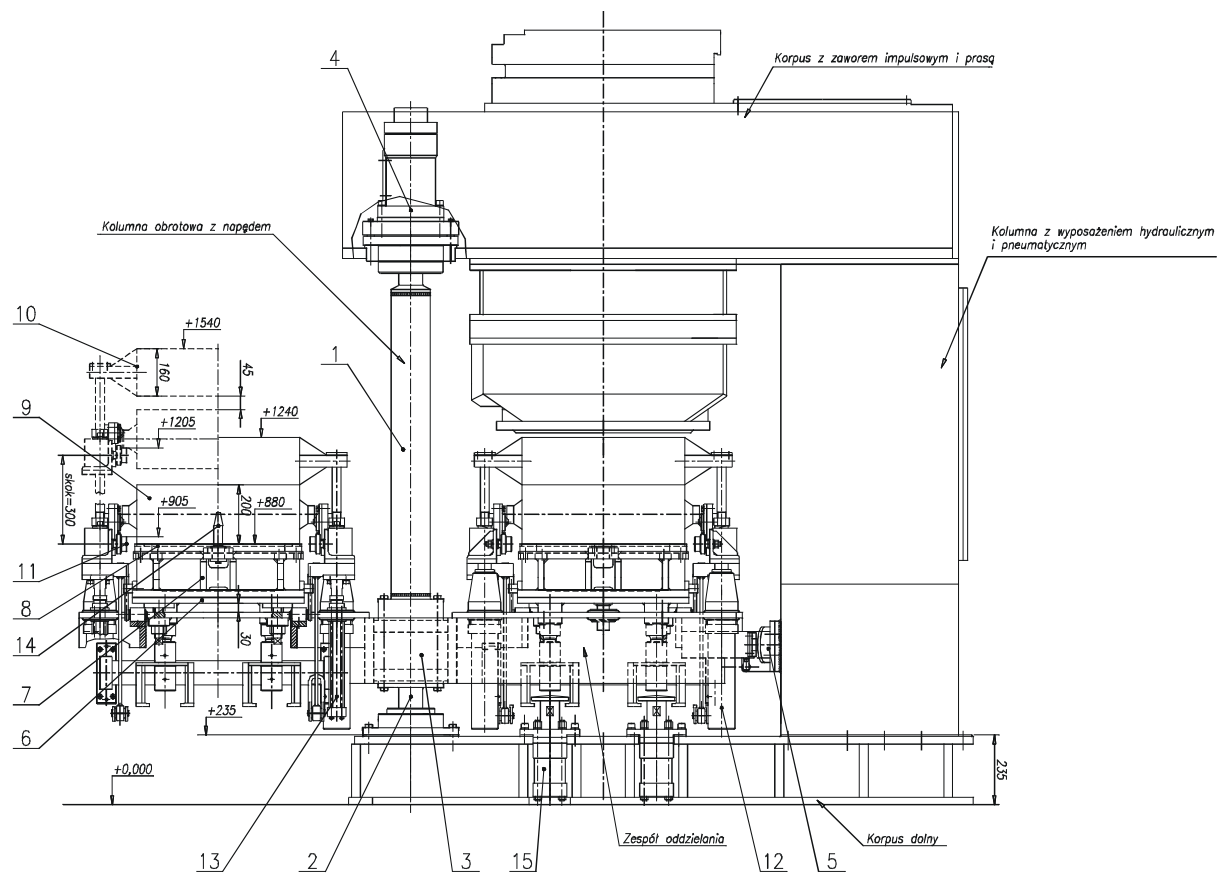
4. Sterowanie maszyny.

W sterowaniu maszyny zastosowano jako jednostkę centralną - sterownik firmy GE-FANUC.

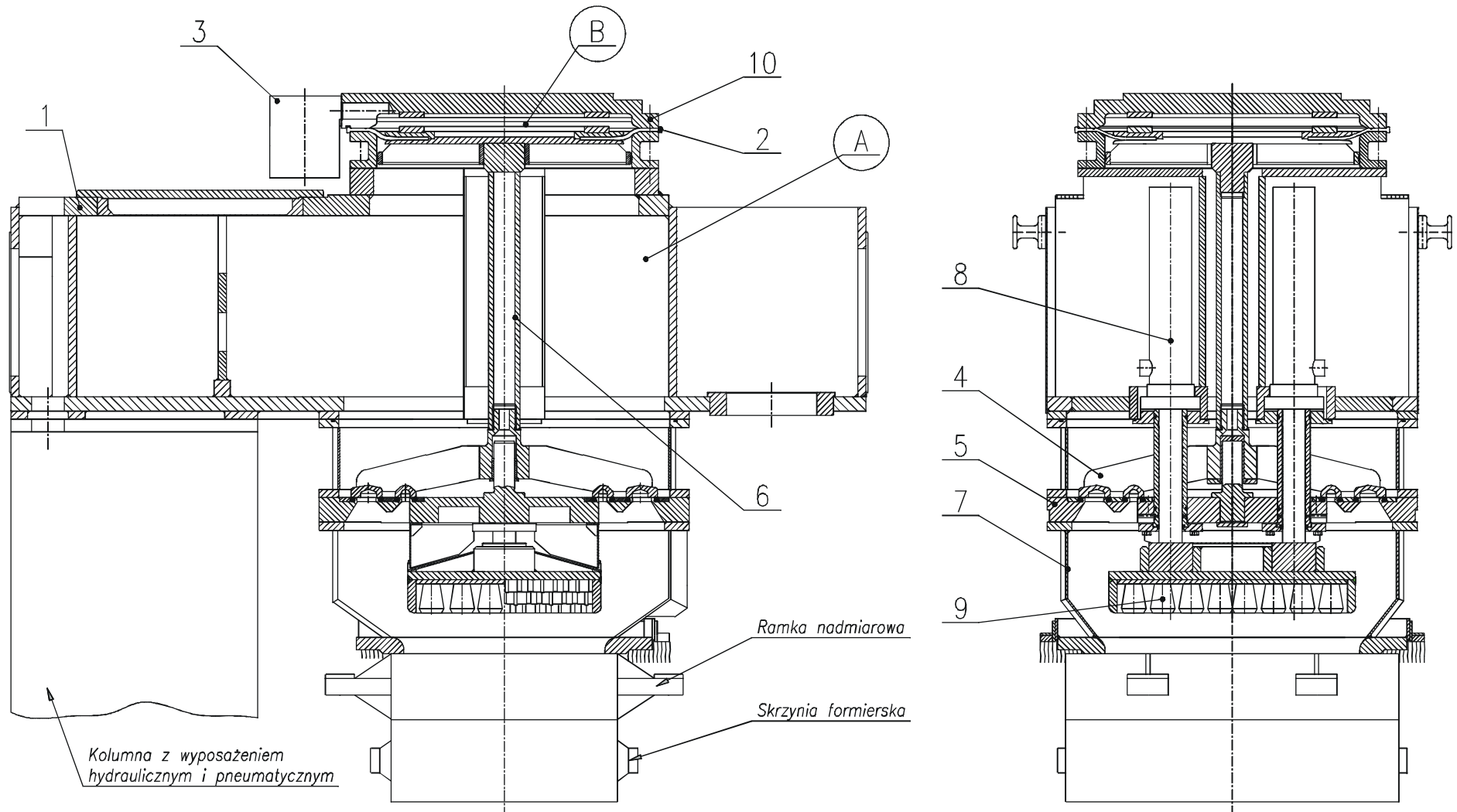
Dzięki temu udało się znacznie zminimalizować wymiary szafy elektrycznej.

Szafa ta jest umocowana na stałe do korpusu głównego formierki. Obok formierki w miejscu odpowiednio dobranym znajduje się pulpit sterowniczy operatora poz. 5.

Pulpit ten połączony jest z szafą elektryczną kablem elastycznym. Z pulpitu można sterować wszystkimi funkcjami maszyny tak w opcji sterowania ręcznego jak i półautomatycznego. Pulpit posiada również wskaźniki ciśnienia sprężonego powietrza oraz oleju hydraulicznego. Posiada również ekranik komunikacyjny połączony ze sterownikiem.



Rys. 2 Zespół obrotowo – oddzielający



Rys. 3 Głowica impulsowo – prasująca

IV. Opis działania.

Ruchem wyjściowym do opisu działania jest wjazd pustej skrzyni formierskiej na listwy rolkowe układu oddzielania formy stanowiska I. Listwy te są w położeniu górnym. Po wjeździe skrzynia jest ustalana na rolkach specjalnymi zatrzaskami. Następuje teraz opuszczenie skrzynki do styku z płytą modelową, a następnie na skrzynce ustawia się automatycznie nadstawka. W takim położeniu następuje zadozowanie masy formierskiej do zestawu skrzynka-nadstawka. Po ewentualnym wyrównaniu masy operator przyciskiem uruchamia start cyklu pracy formierki. Następuje obrót o 180^0 zespołu obrotowo-oddzielającego. Świeżo zasypana masą na stanowisku I skrzynka formierska wjeżdża na stanowisko II pod głowicę impulsowo-prasującą.

Skrzynka z masą jest podnoszona wraz z płytą modelową i nadstawką do zwarcia z głowicą w celu uszczelnienia komory roboczej powstałej z połączenia nadstawki, skrzynki, płyty modelowej.

Po uszczelnieniu i uzyskaniu odpowiedniego ciśnienia w cylindrach dociskowych zostaje podany impuls sprężonego powietrza. Po krótkiej przerwie czasowej, służącej do odpowietrzenia układu komory roboczej następuje doprasowanie stemplem prasującym znajdującym się wewnątrz głowicy pośredniej.

Siła prasowania jest regulowana przez odpowiednie wysterowanie pompy. Po osiągnięciu zadanego ciśnienia oleju następuje wycofanie stempla prasującego ku górze, a następnie opuszczenie zestawu: nadstawka-skrzynka-płyta modelowa do położenia dolnego. W tym stanie zestaw jest gotowy do następnego półobrotu.

Na stanowisku I na które przyjeżdża poprzednio zaformowana półforma następuje oddzielanie formy od modelu. Listwy rolkowe zespołu oddzielania wykonując ruch ku górze podnoszą najpierw nadstawkę po ok. 45 mm rozpoczyna się podnoszenie skrzynki z płyty modelowej. Prędkości ruchu oddzielania są regulowane i mogą być nastawione w dość szerokim zakresie w zależności od konfiguracji modelu.

Po osiągnięciu górnego poziomu wykonana półforma jest wypchana na zewnątrz formierki.

Po odmuchaniu zespołu modelowego można wprowadzić następną pustą skrzynkę i cykl powtórzyć. Na uwagę zasługuje fakt, że w trakcie wymiany skrzyń formierskich z aformowanej na pustą oraz w czasie dozowania masy formierskiej na jednym stanowisku, na drugim następuje formowanie to jest wykonywany jest impuls i doprasowanie drugiej półformy.

V. Próby i badania formierki FT-65.

Prototyp formierki FT-65 przeszedł na stanowisku w TECHNICAL-u obszerny program prób, badań i pomiarów. Program ten składał się z trzech części.

Część pierwsza - to próby i pomiary mechaniczne dotyczące parametrów dynamicznych i kinematycznych formierki. Miały one za zadanie określić:

- jakość ruchów mechanicznych
- uzyskiwane czasy poszczególnych operacji formierki.
- określić wielkość przyspieszania i hamowania decydujących o płynności ruchów.

Część druga - to pomiary wytrzymałościowe maszyny. Miały one za zadanie określić stan naprężeń występujących w wybranych punktach poszczególnych elementów maszyny.

Część trzecia - to próby i pomiary technologiczne i eksploatacyjne. Oczywiście jest, że ta część prób i badań była dla nas najważniejsza. Wyniki prób technologicznych decydują bowiem o przydatności formierki do eksploatacji w odlewni.

Analiza wyników tych prób jest przedmiotem osobnego referatu na naszej konferencji.

Dlatego przedstawiam wyniki tylko jednej serii pomiarów uzyskanych twardości formy. Formy sporządzono w skrzynkach o prześwicie 600x500 i wysokości 150 mm z modelu schodkowego.

Do wykonania formy użyto masy obiegowej bentonitowej o parametrach:

- wilgotność $3,15 \div 3,3 \%$
- wytrzymałość na ściskanie $Re^w = 0,098 \div 0,107 \text{ MPa}$
- przepuszczalność $P^w = 250 \div 260 \text{ j.P.}$
- zagęszczalność $z = 49 \div 54 \%$

Twardość formy mierzono twardościomierzem +GF+.

Ciśnienie powietrza w komorze zaworu impulsowego ustawiono na poziomie 0,4 MPa.

Ciśnienie prasowania ustawiono na poziomie 10 MPa (tj. 50 % zakresu).

Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 4. Twardość formy od strony zewnętrznej tzn. stempla prasującego plasuje się w przedziale 86÷92 stopni +GF+. Z analizy przeprowadzonych licznych prób i pomiarów uzyskano wnioski, że optymalne ciśnienie statyczne powietrza w komorze impulsowej powinno wynosić 0,4 MPa. Natomiast ciśnienie prasowania powinno być nastawione nie mniej niż 5 MPa co daje naciski powierzchniowe na formę 0,33 MPa.

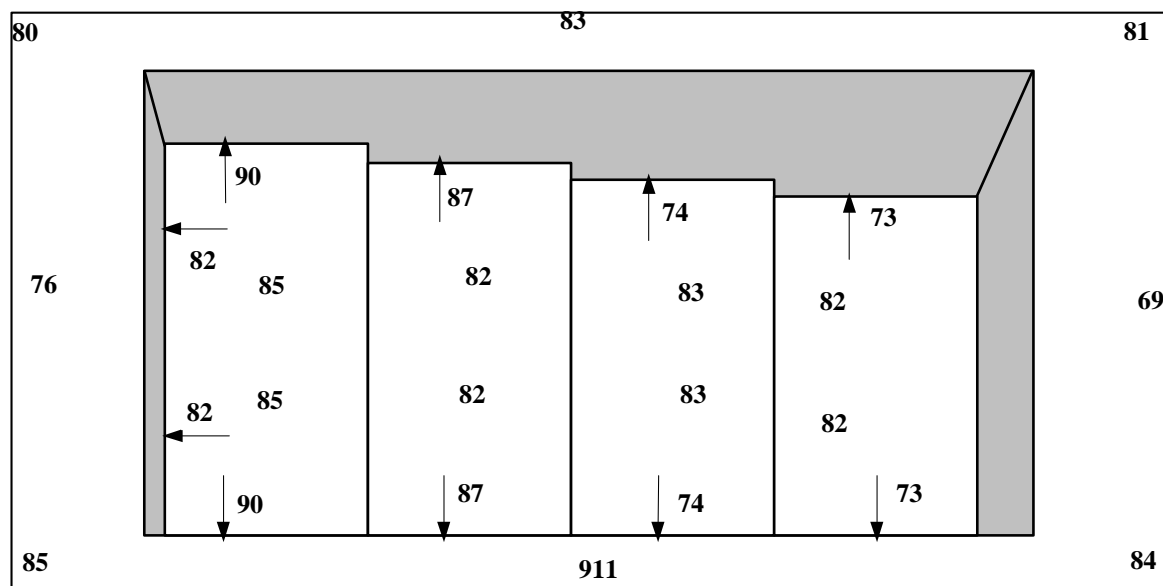
Próby i badania potwierdziły słuszność założeń do budowy prototypu. Formierka FT-65 spełnia założone parametry techniczne i technologiczne.

Oferując tę maszynę potencjalnym klientom pragnę podkreślić jej najważniejsze zalety:

- przemienne wykonywanie półformy dolnej i górnej
- szeroka uniwersalność zastosowana dla różnych konfiguracji modeli
- możliwość wykonywania form z modelu ujemnego
- doprasowanie, a tym samym umocnienie górnej powierzchni półform.
- duża jednorodność zagęszczania w całej objętości formy
- płynna regulacja ciśnienia statycznego impulsu
- płynna regulacja siły prasowania
- płynna regulacja prędkości oddzielania
- prosta obsługa maszyny
- niskie zużycie sprężonego powietrza
- niski poziom hałasu

Powyższe cechy formierki FT-65 pozwalają na stwierdzenie, że spełnia ona wszystkie wymagania stawiane przez technologów oraz przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy..

Mamy również nadzieję, że formierka ta jako nasz polski wyrób spełni również warunki i możliwości inwestycyjne przyszłych użytkowników.



mgr inż. Walerian Soliński
„TECHNICAL” – Nowa Sól

GNIAZDA I LINIE FORMIERSKIE W PROCESIE MODERNIZACJI ISTNIEJĄCYCH ODLEWNI

1. Wprowadzenie.

Wykonanie formy odlewniczej jest najbardziej skomplikowanym procesem technologicznym w odlewni.

Jakość wykonywanej formy oraz wydajność formowania są zasadniczymi wyznacznikami jakości i ilości uzyskanych odlewów przy założeniu, że dysponuje się odpowiednim płynnym metalem.

Dlatego też działania zmierzające do wzrostu wydajności odlewni oraz poprawy jakości odlewów polegają najczęściej na budowie nowych linii bądź gniazd formierskich. Przedsiębiorstwo Projektowo-Produkcyjne „TECHNICAL” ma w swojej ofercie projektowanie i dostarczanie kompletnych linii i gniazd formierskich.

Poniżej zostaną omówione niektóre aspekty projektowania, prowadzących do optymalizacji rozwiązań linii i gniazd formierskich.

2. Propozycje definicji.

Linia formierska to zintegrowany, automatycznie sterowany zespół urządzeń wykonawczych otrzymujący na wejściu:

- Świeżą masę formierską ze stacji przerobu mas
 - Ciekły metal z topialni
 - Rdzenie odlewnicze z rdzeniarni
- oraz oddający na wyjściu:
- Odlewy wybite z masy i transportowane do oczyszczalni
 - Wybitą masę formierską i rdzeniową transportowaną do stacji przerobu mas
- Gniazdo formierskie to zespół urządzeń otrzymujący na wejściu:
- skrzynie formierskie,
 - masę formierską,
 - rdzenie odlewnicze, oraz oddający na wyjściu,
 - gotowe do zalania formy odlewnicze.

Gniazdo formierskie będzie więc zawsze częścią składową linii formierskiej.

W zależności od metody wykonania formy tj. skrzynkowa lub bezskrzynkowa, również linie formierskie możemy nazywać skrzynkowymi lub bezskrzynkowymi.

3. Podstawowa konfiguracja linii formierskiej skrzynkowej.

Z definicji podanej wyżej wynika, że w linii formierskiej skrzynkowej można wyodrębnić następujące zespoły:

- gniazdo formierskie,
- zespół transportu form i skrzyń formierskich,
- zespół zalewania i chłodzenia form,
- zespół wybijania odlewów,

W skład tych zespołów wchodzi różne maszyny i urządzenia technologiczne, których zadaniem jest zrealizowanie kompletnego pakietu funkcji w celu uzyskania efektu określonego w definicji.

Przykłady konfiguracji linii formierskich opracowanych przez TECHNICAL pokazują rysunki 1 i 2. Na rysunku 1 przedstawiona jest linia formierska 600x500 o wydajności 50 form na godzinę, pracującą obecnie w LFP - Leszno. Gniazdo formowania tej linii oparte jest na jednej maszynie formierskiej wykonującej na przemian półformy dolne i górne.

Na rysunku 2 przedstawiona jest linia formierska 600x500 o wydajności 150 form na godzinę. Gniazdo formierskie tej linii oparte jest na dwóch formierkach wykonujących odpowiednio dolne i górne półformy. Zespół wybijania tej linii mieści się pod stropem formiarni w ten sposób, że wypchane z form pakiety masy z odlewami trafiają wprost na urządzenie do wybijania.

Przedstawione linie różnią się głównie rozwiązaniem gniazd formierskich, a ściślej ilością zastosowanych w nich maszyn formierskich decydujących o wydajności linii.

4. Szczególne aspekty technologiczne i organizacyjne w projektowaniu linii formierskiej.

Projektowanie linii formierskiej rozpoczyna się od wstępnych uzgodnień między inwestorem, a projektantem.

Przedmiotem tych wstępnych uzgodnień są z reguły:

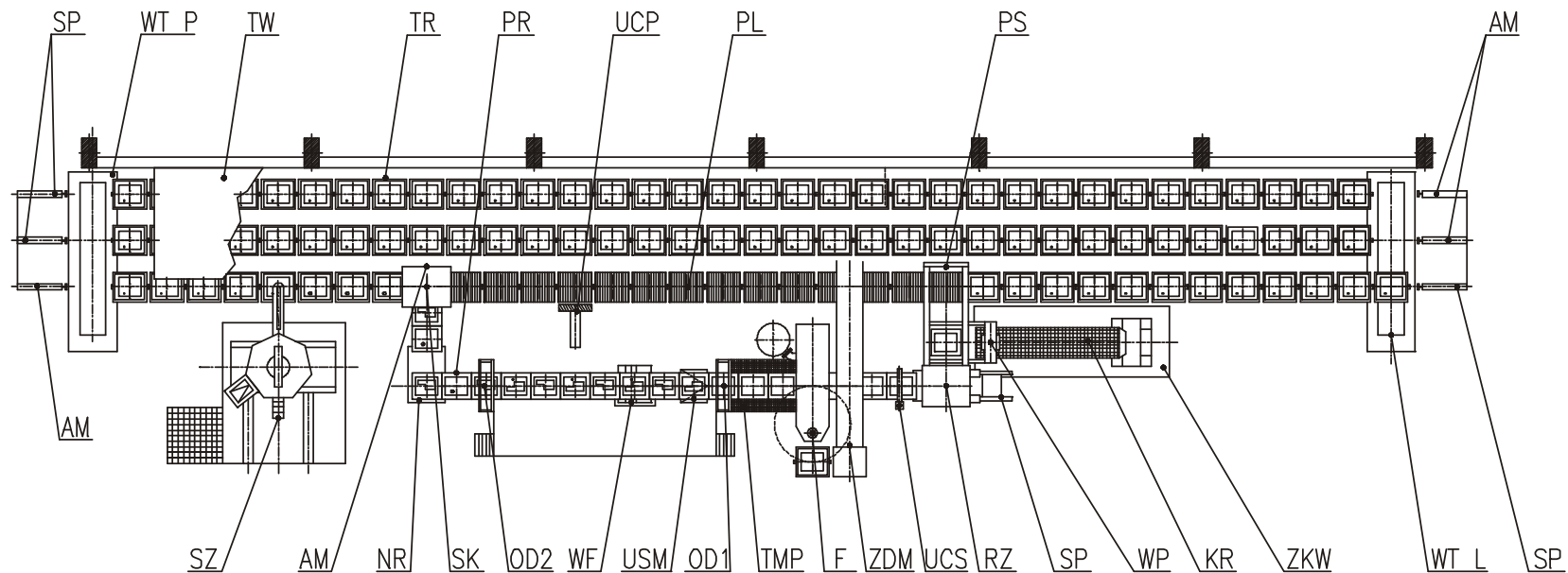
- Wielkość skrzyni formierskiej,
- Wymagana wydajność linii,
- Przewidywany asortyment odlewów,
- Wymagane parametry jakości odlewów np. tolerancje wymiarowe,
- Wymaganie wykorzystania istniejącego oprzyrządowania odlewniczego,
- Wymagany stopień automatyzacji linii,
- Dysponowana powierzchnia produkcyjna,
- Dysponowany czas przestoju odlewni dla montażu i rozruchu linii.

Optymalne ustalenie wyżej wymienionych parametrów wpływa na możliwość połączenia wielu często sprzecznych oczekiwań inwestora tj.

- gwarancja wysokiego poziomu jakości odlewów,
- wysoka wydajność linii,
- ograniczona powierzchnia dysponowana,
- możliwość etapowego "rozwoju" linii,
- niski koszt linii.

Należy stwierdzić, że nie ma typowych linii formierskich, są natomiast typowe maszyny i urządzenia technologiczne oraz typowe sposoby integrowania tych maszyn.

Każda jednak linia formierska wymaga indywidualnego projektowania uwzględniającego przede wszystkim warunki techniczne i lokalizacyjne w odlewni oraz szczegółowe wymagania inwestora.



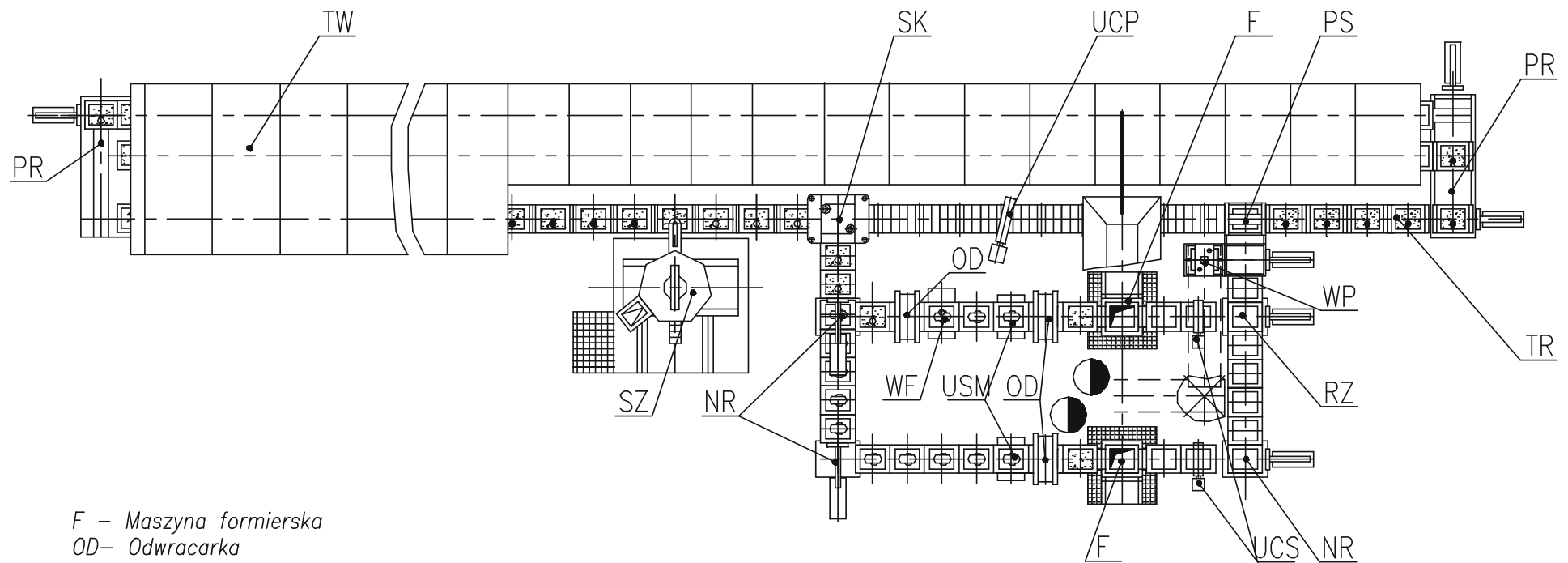
F – Maszyna formierska HSP-1D
 OD1 – Odwracarka 1
 OD2 – Odwracarka 2
 WF – Wiertarka
 NR – Narożnik
 AM – Amortyzator
 SP – Spychacz
 SK – Składarka
 SZ – Stanowisko zalewania

WT-P – Wózek transportowy –prawy
 WT-L – Wózek transportowy –lewy
 SA – Spychacz
 TR – Torowisko
 TW – Tunel wentylacyjny
 PS – Przesławiarka
 WP – Wypycharka
 KR – Krata wstrząsowa

TPF – Transport palet i form

RZ – Rozdzielarka
 PR – Przenośnik rolkowy
 UCS – Urządzenie do czyszczenia skrzyń
 UCP – Urządzenie do czyszczenia palet
 USM – urządzenie do ścinania nadmiaru masy
 PL – Paleta
 ZDM – Zespół dozowania masy
 TMP – Transport masy przesypowej
 ZKW – Zabudowa kraty wstrząsowej

Rys.1



- F – Maszyna formierska
 OD – Odwracarka
 USM – Urządzenie do ścinania masy
 WF – Wiertarka wlewów
 NR – Narożniki
 SK – Składarka
 PS – Przesławiarka
 WP – Wypycharka
 RZ – Rozdzielarka skrzyń
 UCS – Urządzenie do czyszczenia skrzyń
 UCP – Urządzenie do czyszczenia palet
 TR – Transport palet i form
 PR – Przesuwnice
 TW – Tunel wentylacyjny

Rys.2

4.1. Dobór skrzyni formierskiej.

Jeżeli odlewnia dysponuje oprzyrządowaniem odlewniczym to ustalenie gabarytów skrzyni formierskiej, będzie podyktowane w znacznej mierze istniejącymi płytami modelowymi.

Najczęściej bowiem, jest tak, że oferowane obecnie maszyny formierskie skrzynkowe zapewniają możliwość wykorzystania istniejących płyt modelowych wprost lub po niewielkiej adaptacji.

Inaczej wygląda problem doboru wysokości skrzyni formierskiej.

Wysokość należy rozpatrywać w ujęciu technicznym i ekonomicznym.

Ustalając wysokość skrzyni dążymy do efektywnego wykorzystania masy formierskiej przy uwzględnieniu istniejącej stacji przerobu mas.

4.2. Wydajność formowania.

Barierą wydajności linii formierskiej nie jest wyłącznie wydajność formierki.

W odlewniach modernizowanych często najpoważniejszą barierą wydajności projektowanej linii jest możliwość zmagazynowania takiej ilości form zalanych, aby zapewnić niezbędny czas stygnięcia odlewów między zalewaniem, a wybijaniem.

Często zdarza się, że przeznaczona dla linii powierzchnia produkcyjna jest zbyt mała do wymaganej wydajności linii.

Dlatego w naszych rozwiązaniach staramy się maksymalnie wykorzystywać wózki podformowe konwojera.

Dokonyjemy tego przez ograniczenie do minimum tzw. odcinków "pustych" przez które wózki przejeżdżają bez form odlewniczych.

Dla wydajności formowania - 30 ÷ 60 form na godzinę gniazdo formowania oparte jest najczęściej na jednej formierce wykonującej na przemian półformy dolne i górne.

Dla wyższych wydajności konieczne staje się budowanie gniazda formierskiego opartego na dwóch formierkach lub na jednej formierce tzw. zdublowanej. Formierka taka w jednym cyklu pracy wykonuje od razu dwie połówki formy.

4.3. Zagospodarowanie powierzchni - etapowość realizacji.

Precyzyjna analiza stanu istniejącego wyposażenia odlewni, szczegółowe uzgodnienia, pozwalają dość dobrze zoptymalizować proces. Możliwość etapowego realizowania inwestycji przedstawię przykładowo na rysunkach 3 i 4.

Stan wyjściowy jest następujący:

Odlewnia posiada trzy gniazda formierskie z przenośnikami wałkowymi w układzie C oraz jedno gniazdo formierskie z przenośnikami wałkowymi równoległymi.

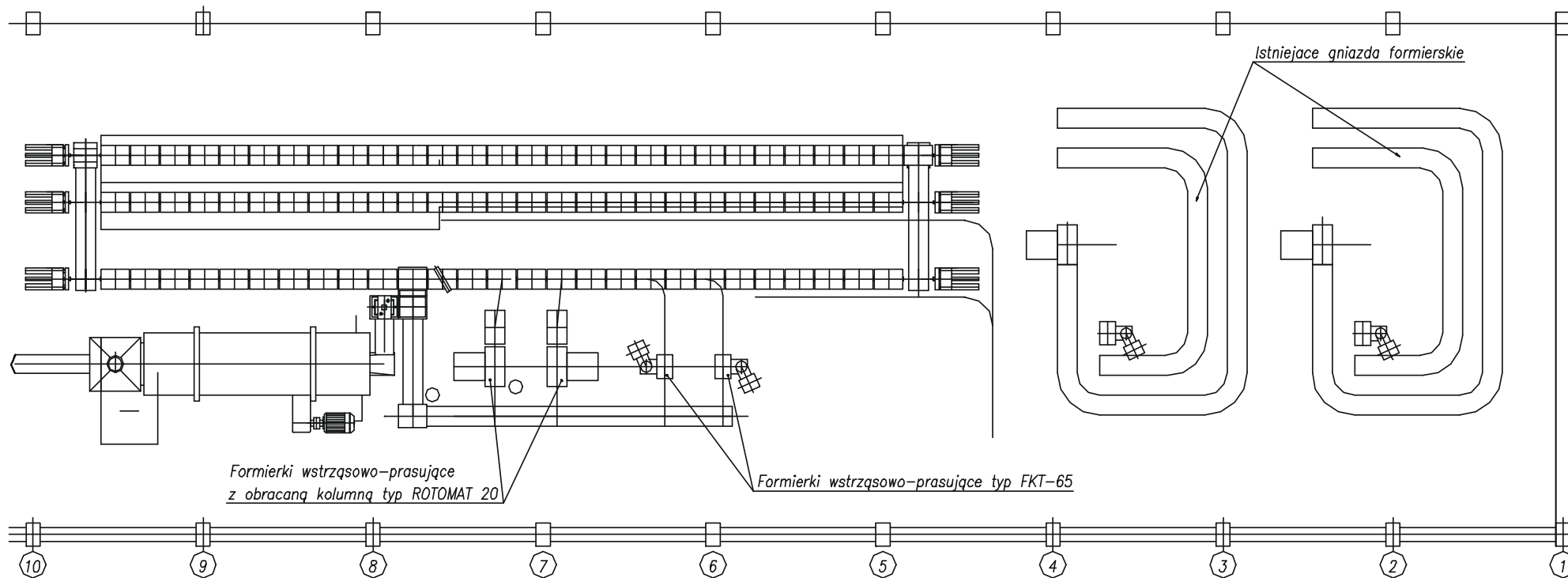
W sumie pracują: 4 maszyny FKT-65 i 4 maszyny ROTOMAT 20.

Warunkiem przeprowadzenia modernizacji jest utrzymanie produkcji odlewni z niedużym ograniczeniem wydajności oraz rozłożenie kosztów realizacji na kilka lat.

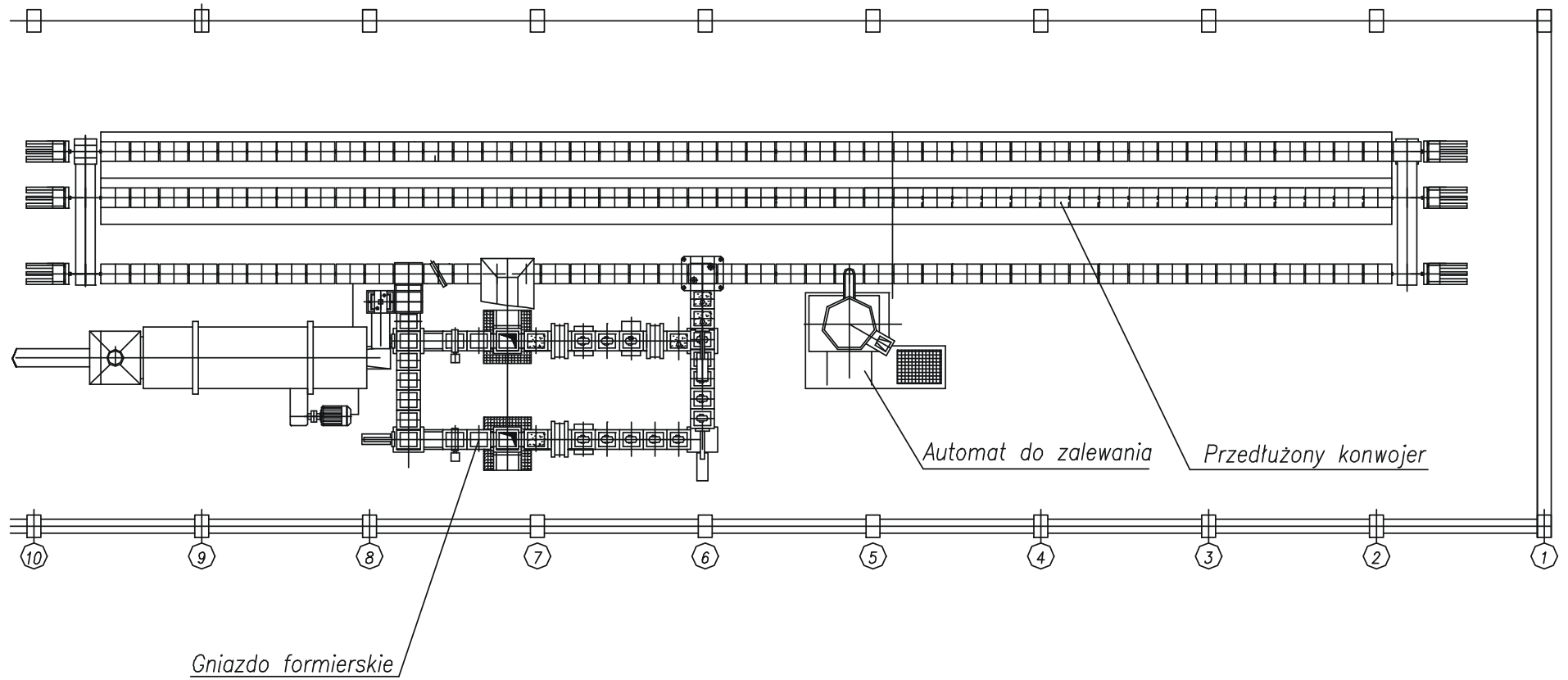
Nasz projekt po wszystkich analizach i uzgodnieniach przewiduje możliwość realizacji w 4 etapach.

Etap I pokazano na rysunku 3. Na powierzchni zajmowanej przez dwa gniazda formierskie, montujemy:

- Konwojer wózkowy
 - Bęben do wybijania z wypycharką
 - Gniazdo formierskie z istniejącymi w odlewni formierkami - obsługiwane ręcznie
- Etapy II, III i IV pokazane są na rys.4.



Rys.3



Rys.4

Etap II - to zabudowa w miejsce gniazda formierek FKT - nowego zautomatyzowanego gniazda o docelowej wydajności.

Etap III - to likwidacja dwóch pozostałych gniazd formierskich typu C oraz przedłużenie konwojera odlewniczego do docelowej długości.

Etap IV - to zabudowa automatycznego pieca do zalewania form.

5. Omówienie poszczególnych węzłów technologicznych linii.

5.1. Maszyna formierska - formowanie

Typ maszyny formierskiej użytej w linii formierskiej wiąże się ściśle z wyborem technologii oraz wyborem dostawcy. Czyli decydują tu technika i ekonomika.

Pragnę zwrócić uwagę na niektóre tylko wymogi, które należy spełnić, aby otrzymać dobrą formę oraz dodatkowe czynności, które w linii muszą być zrealizowane.

Wszystkie nowoczesne maszyny formierskie wymagają dobrej jakości skrzyń formierskich.

Od maszyny formierskiej wymagamy z kolei dobrze zagęszczonej masy formierskiej w skrzynce oraz odpowiednio sztywnej całej formy. Aby to uzyskać maszyna formierska musi dysponować odpowiednimi energiami zagęszczania, ale również skrzynia formierska musi być odpowiednio sztywna.

Nowoczesna formierka wymaga wysokiej jakości masy formierskiej. Trzeba uzyskiwać wytrzymałość $Re^w = 0,14 \div 0,18$ MPa i zachować przy tym niezbędną przepuszczalność.

Muszą więc być użyte wysokiej klasy spoiwa, a przede wszystkim mieszarka musi dawać wysoki stopień wymieszania.

Wiele maszyn formierskich (technologii) wymaga dobrego spulchnienia masy oraz dość dokładnego dozowania masy do zestawu skrzynko-nadstawka. Dlatego bardzo często zespół dozowania masy w linii formierskiej, zawiera w sobie spulchniarkę oraz dozownik wagowy lub objętościowy.

Wykonana półforma wychodząca z maszyny formierskiej wymaga na ogół dalszej obróbki tj.:

- ścinania nadmiaru masy
- nawiercania wlewu głównego i innych elementów formy

Funkcje te; szczególnie ścinanie nadmiaru masy mogłyby być wykonane na maszynie formierskiej. Ale przyczyniłoby się to do dalszego skomplikowania samej formierki, a co ważniejsze wydłużyłoby czas trwania cyklu wykonania formy.

Funkcje te są więc realizowane na dalszych stanowiskach linii formierskiej.

5.2. Obróbka wykańczająca form.

Półformy po wyjściu z maszyny podlegają dalszej obróbce wykańczającej.

W ramach tej obróbki wykonywane są następujące czynności:

- Ścinanie nadmiaru masy
 - Nawiercanie lejka wlewowego
- oraz opcjonalnie:
- nawiercanie lejka przelewu
 - nawiercanie odpowietrzników.

Pierwszym problemem do rozstrzygnięcia jest wybór pozycji półformy, w której wykonywane są te czynności. Można je wykonywać na półformie w położeniu powierzchni podziału ku dołowi czyli w takiej w jakiej wychodzi z formierki.

Można też czynności te wykonywać w pozycji półformy odwróconej. Jednakże ten drugi sposób narzuca konieczność stosowania w linii drugiej odwracarki jest on preferowany w naszych projektach linii.

Ścinanie nadmiaru masy na półformie od góry (powierzchnia podziału do dołu) prowadzi w pewnych przypadkach do uszkodzenia formy, polegającego na wybrzuszeniu powierzchni podziału.

W czasie ścinania powstają siły normalne, działające na pakiet zagęszczonej masy. Przy ścinaniu od góry siły te sumują się z siłami grawitacyjnymi.

Przy ścinaniu masy od dołu normalne siły ścinania odejmują się od siły ciężkości masy co jest znacznie bardziej korzystne dla utrzymania sztywności postaciowej formy.

Również nawiercanie układu wlewowego wykonujemy od dołu.

Operacja wykonania czaszy wlewowej składa się z dwóch etapów:

- nawiercanie
- dogładzanie

Obie czynności obróbki wykańczającej wykonane "od dołu" ułatwiają poza tym zbieranie odpadowej masy formierskiej, która w łatwy sposób jest kierowana do położonej na poziomie "0" kraty przesypowej.

5.3. Składanie formy.

We wszystkich czynnościach związanych z ruchem półform, obróbką wykańczającą, odwracaniem oraz składaniem, obowiązuje projektanta jedna naczelną zasadą: nie uszkodzić wykonanej formy.

Dlatego w naszych rozwiązaniach dbamy szczególnie o to, aby poszczególne czynności nie wywoływały niepotrzebnych sił, działających na zagęszczonej masę.

Proces składania staramy się realizować na płycie wózka transportowego.

Chodzi o to, aby forma po złożeniu nie była podnoszona z powierzchni podparcia.

Drugim bardzo ważnym czynnikiem technologicznym w czynności składania form jest wielkość nacisku formy górnej na dolną w momencie styku powierzchni podziałowych.

Często przy zbagatelizowaniu tego zagadnienia dochodzi do uszkodzeń krawędzi wnętrza formy co powoduje powstanie zapruszeń.

Typowa składarka, którą przedstawia rys.5 posiada odpowiednie środki techniczne, dzięki którym siła docisku obu połówek form jest doprowadzana do niezbędnego minimum.

5.4. Obciążanie form.

Jak wiadomo w większości przypadków formy przed zalaniem powinny być odpowiednio zabezpieczone przed działaniem ciśnienia metalostatycznego.

W budowie linii formierskich ukształtowały się dwa sposoby rozwiązania tego problemu:

- obciążanie form obciążnikami
- kłamrowanie form

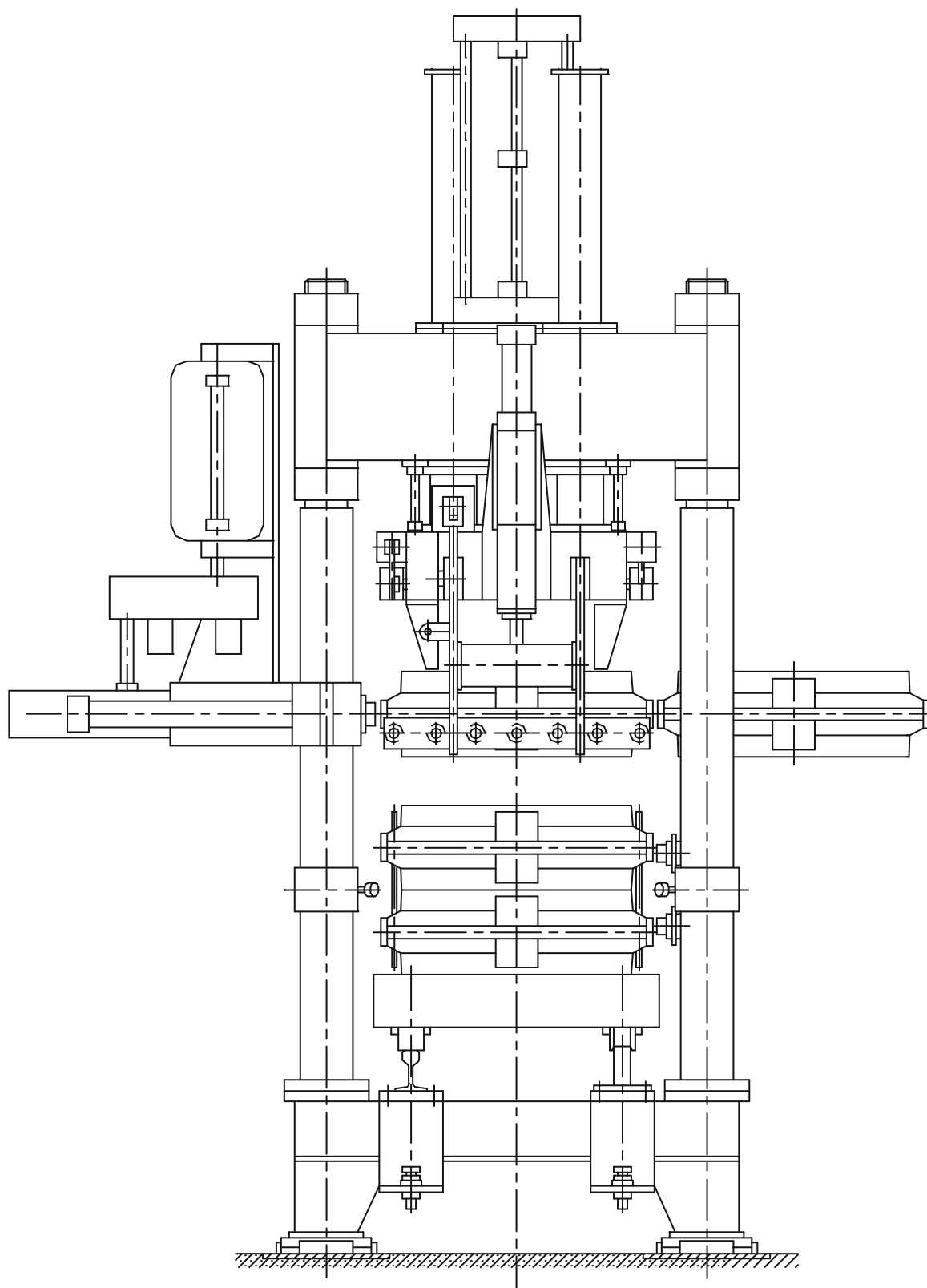
Jest też metoda pośrednia stosowana np. przez BMD tj. wykonywanie górnej skrzynki o zwiększonym ciężarze spełniającym rolę obciążnika.

Funkcjonalnie rzecz biorąc skrzynka o zwiększonym ciężarze działa tak jak kłamry.

Wybór metody jest dość trudny z następujących powodów.

Zastosowanie klasycznego obciążnika jest funkcjonalnie najlepsze, albowiem daje możliwość zabezpieczenia tak obrzeży skrzynki jak i górnej powierzchni masy.

Z kolei klasyczny obciążnik utrudnia zalewanie i powoduje konieczność zabudowy w linii zespołu obiegu obciążników co na pewno podnosi koszt linii. Ponadto w pewnych przypadkach obciążnik utrudnia chłodzenie i odgazowanie form.



Rys. 5

Składarka

Zastosowanie klamer funkcjonalnie jest metodą gorszą, albowiem klamry nie zabezpieczają przed wypchnięciem górnej powierzchni masy.

W zakresie urządzeń technicznych klamry nie wymagają dużych nakładów.

Wystarczają tu dwa proste mechanizmy:

- klamrujący - na składarce
- rozklamrowania - na rozdzielarce skrzyń

Wykonanie klamer, które są integralną częścią skrzyń formierskich podraża jednak koszt wykonania tych skrzyń.

Wybór metody obciążania skrzyń jest na ogół rozstrzygany we wstępnych uzgodnieniach między inwestorem, a projektantem.

5.5. Zalewanie form.

Najlepsze wyniki techniczne i organizacyjne uzyskiwane z linii formierskiej zapewniają automatyczne piece do zalewania form, wyposażone w induktory podgrzewające lub co najmniej podtrzymujące temperaturę ciekłego żeliwa.

Jednakże są to urządzenia bardzo drogie co powoduje konieczność stosowania innych mniej kosztownych rozwiązań.

W wielu przypadkach stosuje się zalewanie ręczne z kadzi podwieszonych lub rozwiązania o różnym stopniu zmechanizowania ruchu kadzi zalewowych.

5.6. Wybijanie form.

W linii formierskiej ze względu na szczególne wymogi stawiane skrzyniom formierskim niedopuszczalne jest stawianie skrzyń formierskich na urządzeniach wibracyjnych. Stosowany jest dwustopniowy proces wybijania. Najpierw przeprowadza się wypchnięcie pakietu masy wraz z odlewem z wnętrza skrzyni formierskiej.

Następnie pakiety te kierowane są na kratę wstrząsową samorozładowniczą lub do bębna obrotowego.

Bęben obrotowy poza dobrym oddzieleniem masy od odlewów realizuje dodatkowe funkcje, a mianowicie:

- schładzanie masy wybitej
- schładzanie odlewów

Jednakże jego zastosowanie jest ograniczone raz ze względu na dużą zajmowaną przestrzeń, a po drugie ze względu na wielkość odlewów. Stosowanie bębna dla odlewów o powyżej 100 kg jest już problematyczne.

Do oddzielania masy od odlewów szersze zastosowanie znalazły kraty wstrząsowe samorozładownicze. Są to urządzenia proste i tanie.

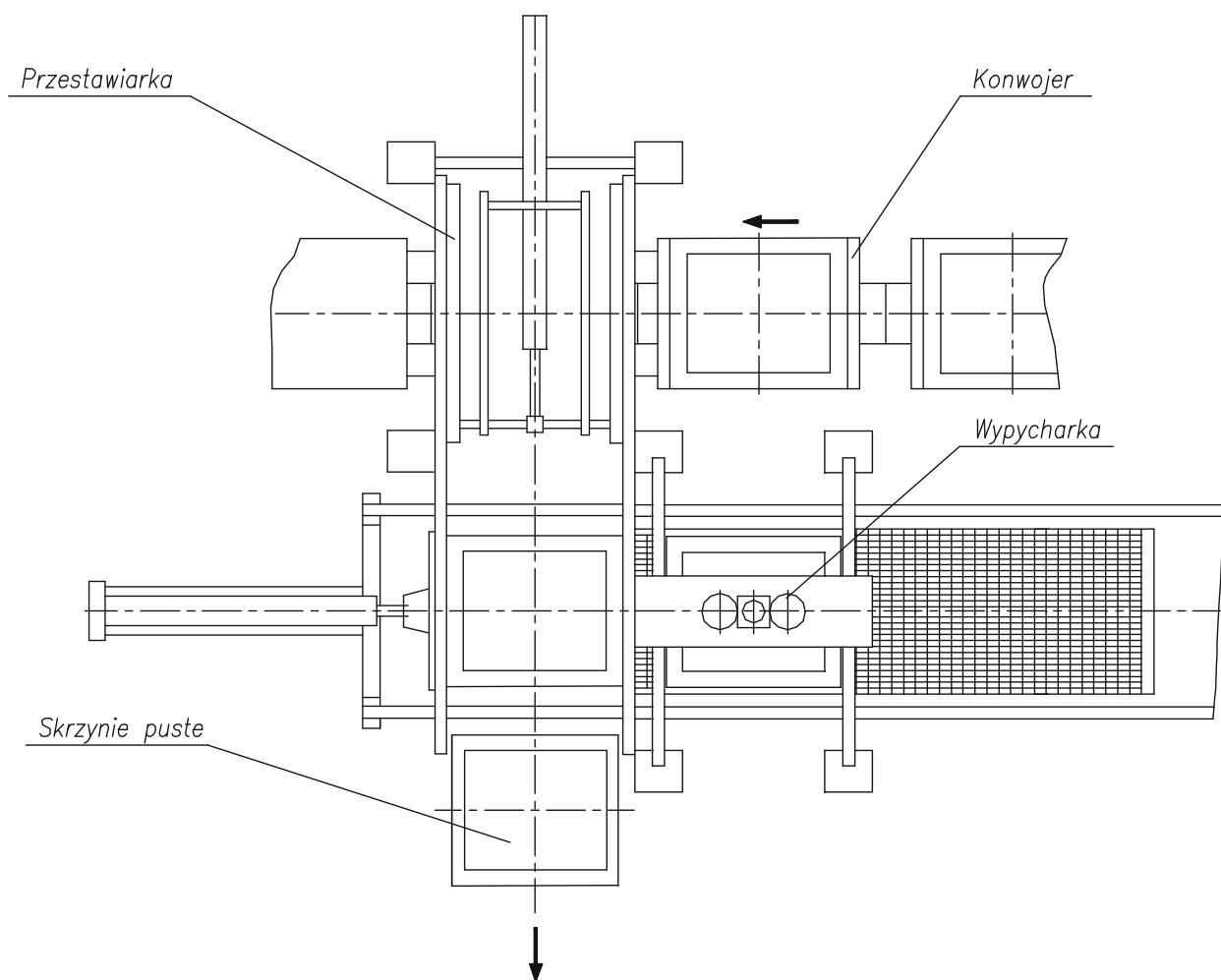
Ich skuteczność zwłaszcza jeżeli chodzi o rozbijanie brył i grud silnie zagęszczonej masy jest nie pełna. Powoduje to konieczność stosowania dwóch, a czasem i więcej stopni wybijania. Hałas powstający na kracie wstrząsowej daje się dość skutecznie ograniczyć przez stosowanie obudów dźwiękochłonnych.

Przykład stanowiska wypychania form na kratę wstrząsową pokazuje rys.6.

5.7. Funkcje towarzyszące.

Linia formierska jest najbardziej skomplikowanym, zintegrowanym zespołem urządzeń spotykanych w odlewni. Jest wyposażana we wszystkie znane w technice systemy napędów tj.

- hydrauliczne
- pneumatyczne
- elektromechaniczne



Rys. 6

Stanowisko Wybijania

Skomplikowany i wysoko zaawansowany jest w związku z tym układ sterowania linii.

Postęp w elektronice objawiający się upowszechnieniem systemów komputerowych i sterowników pozwala dość łatwo budować układy sterowania spełniając coraz wyższe wymagania. Dzięki temu stało się możliwe poszerzenie zakresu funkcji realizowanych w linii formierskiej. Są to głównie funkcje z zakresu organizacji pracy oraz utrzymania ruchu.

Najbardziej obszerny zakres takich funkcji realizujemy przez wprowadzenie wizualizacji pracy linii formierskiej. Wizualizację realizuje się przez wbudowanie do układu sterowania dodatkowego komputera z monitorem. Wizualizacja umożliwia:

- Optyczną obserwację stanu kinematycznego poszczególnych urządzeń w linii.
- Wykrywanie (lokalizacja) stanów awaryjnych linii.
- Rejestracja przebiegu produkcji w czasie.
- Sygnalizację operatorowi konieczności przeprowadzenia stosownych zabiegów konserwacyjnych, regulacyjnych itp.

Te nowe funkcje w znacznym stopniu usprawniają eksploatację linii formierskiej, a co za tym idzie zwiększyć stopień jej wykorzystania.

6. Podsumowanie.

Linia formierska w odlewni to nie tylko zespół maszyn i urządzeń, ale również źródło pewnych spektakularnych wrażeń tak dla użytkownika jak i dla projektanta.

Było już wiele publikacji przedstawiających budowę, parametry oraz działanie przeróżnych linii formierskich. W tym referacie starałem się wskazać na niektóre problemy (te mniej spektakularne) przed którymi staje inwestor i projektant w procesie podejmowania decyzji. Dzięki istnieniu pewnego obszaru elastyczności poszczególnych rozwiązań technicznych istnieje duża możliwość optymalizacji. A to stwarza realne szanse na uzyskanie wystarczających efektów technologiczno – ekonomicznych.

mgr inż. Franciszek Pezarski, Instytut Odlewnictwa, Kraków
mgr inż. Irena Izdebska-Szanda, Instytut Odlewnictwa, Kraków
mgr inż. Wojciech Leśniewski, Instytut Odlewnictwa, Kraków
mgr inż. Mikołaj Stefanowicz, PPP Technical, Nowa Sól
mgr inż. Walerian Soliński, PPP Technical, Nowa Sól

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I PRÓB NOWEJ FORMIERKI IMPULSOWO - PRASUJĄCEJ FT-65

Streszczenie

Wychodząc naprzeciw potrzebom krajowych odlewni, w oparciu o własne wieloletnie doświadczenia Technical - Nowa Sól i Instytut Odlewnictwa - Kraków opracował formierkę dwustanowiskową impulsową z doprasowaniem.

Formierka ta przeznaczona jest do wykonywania półform dolnych i górnych z mas bentonitowych w skrzynkach o wymiarach 600x500 i wysokości od 150 do 250 mm.

Zagęszczanie w nowoopracowanej formierce oparte jest na niskociśnieniowej technologii formowania impulsowego i dogęszczeniu przez prasowanie górnych warstw półformy.

W artykule przedstawiono wyniki prób i badań prototypowej formierki na stanowisku badawczym w Technical - Nowa Sól.

1. Wstęp

W ramach realizacji projektu celowego KBN, którego Wykonawcą jest Technical- Nowa Sól a Realizatorem Instytut Odlewnictwa w Krakowie, zaprojektowano i wykonano nową prototypową formierkę impulsowo-prasującą FT-65. Formierka przeznaczona jest do wykonywania na przemian dolnych i górnych półform z mas bentonitowych. Zagęszczanie masy na formierce FT-65 oparte jest na niskociśnieniowej technologii formowania impulsowego (ciśnienie sprężonego powietrza do 0,6 MPa) i doprasowaniu górnych warstw półformy (max. siła prasy 200 kN). Ciśnienie impulsu i prasy można regulować płynnie. W zależności od wymagań technologicznych, półformy można zagęszczać impulsem sprężonego powietrza z doprasowaniem, lub tylko jednym czynnikiem, tj. impulsem sprężonego powietrza lub prasą.

Wykonana w metalu prototypowa formierka została zainstalowana na stanowisku prób mechanicznych w PPP Technical, w skład którego oprócz formierki weszły: pojemnik masy świeżej, dostawny przenośnik rolkowy, skrzynie formierskie, elektrowciąg i trawersa do podnoszenia skrzyń formierskich oraz pojemnik masy wybitej po zaformowaniu.

Na stanowisku tym przeprowadzono rozruch mechaniczny oraz próby i badania działania formierki i jakości uzyskiwanych form.

2. Rozruch mechaniczny

Próby rozruchowe prowadzone były bez masy, na biegu luzem.

W ramach rozruchu mechanicznego: sprawdzono szczelność układu hydraulicznego i pneumatycznego, przeprowadzono próby płynności ruchów poszczególnych zespołów: kolumny obrotowej z napędem, zespołu oddzielania, podzespołu prasującego w zespole głowicy impulsowo-prasującej, sprawdzono skok poszczególnych podzespołów, płynność nastaw ciśnień sprężonego powietrza i oleju w układzie hydraulicznym oraz przeprowadzono kontrolę pracy blokady podczas operacji oddzielania i centrowanie skrzynek formierskich na zatraskach.

Podczas prób rozruchowych mierzono czas trwania poszczególnych czynności, wykonywanych na obu stanowiskach formierki. Czasy poszczególnych operacji przedstawiają się następująco:

Mechanizm obrotu stołów

- obrót stołów (czas obrotu kolumny o 180°) 6,50 s

Mechanizm oddzielania

- oddzielanie (mechanizm oddzielania w górę-
(czas regulowany w zależności od modelu) ~ 6,50 s
- opuszczanie 4,10 s

Mechanizm docisku stołu

- w górę 2,80 s
(docisk zestawu formierskiego do głowicy impulsowo-prasującej)
- w dół 1,90 s

Prasa

- w dół (prasowanie - czas uzależniony od modelu) ~ 4,50 s
- w górę (czas uzależniony od modelu) ~ 3,10 s

Impuls

- impuls (czas otwarcia zaworu strzałowego) ~ 0,02 s
- czas otwarcia zaworu pilotującego 0,15 s
- czas uspokojenia po impulsie ~ 0,2 s

Po wykonaniu w ramach prób rozruchowych kilkuset pełnych cykli pracy maszyny oceniono i stwierdzono poprawność i płynność działania poszczególnych zespołów formierki.

3. Wstępne próby i badania zagęszczania form impulsem i przez prasowanie

Po próbach mechanicznych przystąpiono do pierwszych prób pod obciążeniem. Do wykonywania form stosowana była masa formierska bentonitowa obiegowa z dodatkiem pyłu węglowego o parametrach:

- wilgotność $W = 3,15 - 3,3 \%$
- wytrzymałość na ściskanie na wilgotno $R_c^w = 0,098 - 0,107 \text{ MPa}$
- przepuszczalność $P^w = 250 - 260 \text{ j.p.}$
- zagęszczalność $Z = 49 - 54 \%$

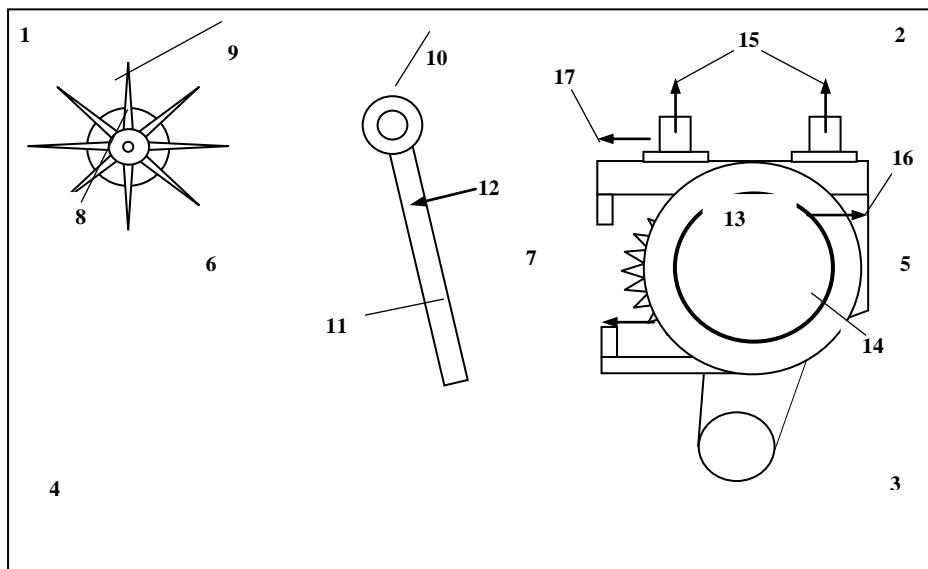
Formy wykonywane były przy zastosowaniu:

- samego impulsu,
- samego prasowania
- zastosowaniem impulsu z doprasowaniem.

Do wykonywania form zastosowano specjalnie wykonane skrzynki o wymiarach 630 x 500 x 150 i płyty modelowe z modelami korpusu pompy i wentylatora.

Stopień zagęszczenia masy w formie określany był poprzez pomiar twardości formy. Twardość określana była przy pomocy twardościomierza firmy „GF”.

Rozkład punktów pomiaru twardości w formie od strony modelu przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Rozkład punktów pomiarowych twardości od strony modelu korpusu pompy i wentylatora

3.1 Formowanie impulsowe

Badania zależności uzyskiwanego stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej od ciśnienia w komorze ciśnieniowej zaworu impulsowego formierki przeprowadzono przy ciśnieniu sprężonego powietrza od 0,2 do 0,5 MPa.

Wyniki pomiarów twardości (stopnia zagęszczenia) w zależności od zadanego ciśnienia sprężonego powietrza, przy stałym wybranym czasie otwarcia zaworu pilotującego pokazano w tablicy 1.

Tablica 1.

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej w zależności od wielkości ciśnienia w komorze zaworu impulsowego

Ciśnienie spręż. powietrza p, Mpa	Czas otwarcia zaworu pilotującego t, ms	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy i ścianach wewnętrznych K [°tw] w punktach																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,5	30	82	83	85	87	80	81	77	87	84	80	88	82	78	83	74	77	80
0,4	30	82	81	84	85	77	83	-	87	83	82	84	73	76	-	70	71	77
0,3	30	76	76	81	77	72	81	-	80	77	75	82	73	70	72	65	58	70
0,2	30	70	55	66	74	55	72	45	71	60	72	70	60	55	69	40	50	-

Przedstawione w tablicy wyniki pomiarów wskazują, że przy tym samym czasie impulsu pilotującego uzyskuje się zbliżone parametry stopnia zagęszczenia dla ciśnienia sprężonego powietrza od 0,4 MPa do 0,5 MPa. Przy niższych niż 0,4 MPa ciśnieniach twardość formy na powierzchni odwzorowania wyraźnie maleje.

3.2 Formowanie przez prasowanie

Równoległe z próbami wykonywania form przy zmiennym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego, prowadzono badania zależności stopnia zagęszczenia górnych warstw formy i masy w strefie przymodelowej od wielkości ciśnienia medium hydraulicznego prasy. W próbach tych połówki form zagęszczane były przy pomocy samej prasy.

Pomiary twardości wykonywano na powierzchni formy od strony modelu i od strony górnych warstw półformy, tzn. od strony stempla prasy.

Wyniki pomiarów twardości (stopnia zagęszczenia) w zależności od zadanego ciśnienia medium hydraulicznego prasy, zamieszczono w tablicach 2 i 3.

Tablica 2

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej
w zależności od ciśnienia medium hydraulicznego prasy

Ciśnienie medium hydraulicznego prasy MPa	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy i na powierzchniach wewnętrznych K [°tw] w punktach																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5,0	65	63	58	61	59	73	65	80	67	75	80	65	89	78 82	51	45 36	66
10,0	70	69	75	66	68	81	75	81	76	80	85	75	89	90 88	61	54 60	76
15,0	74	71	87	76	72	84	85	86	77	81	85	78	93	92 90	70	70 74	77
20,0	83	80	83	81	77	87	85	87	82	78	85	86	95	91 92	77	74 75	85

Tablica 3

Pomiary stopnia zagęszczenia masy na powierzchni formy (od strony stempla)
w zależności od ciśnienia medium hydraulicznego prasy

Ciśnienie medium hydraulicznego prasy MPa	Twardość formy od strony stempla prasy K [°tw] w punktach								
	1	2	3	4	5	6	8	13	
5,0	80	70	65	67	79	75	80	89	
10,0	80	79	78	79	84	80	85	90	
15,0	84	83	84	84	88	84	89	92	
20,0	87	85	86	86	90	89	91	93	

Na podstawie zamieszczonych wyników badań można stwierdzić, że przy ciśnieniu prasowania rzędu 15 MPa przy mało skomplikowanych modelach można uzyskać dobry stopień zagęszczenia zarówno w górnych warstwach półformy, jak i od strony modelu.

Przy bardziej skomplikowanych kształtach należy stosować technikę łączącą dwa sposoby zagęszczania (impulsowe i prasowanie).

W czasie badań stwierdzono, że przy niskich wartościach ciśnienia medium hydraulicznego prasy (np. 5,0 MPa) rozkład twardości wyraźnie zależy od wysokości modelu w danym punkcie. Niejednolite jest również zagęszczenie formy na bocznych krawędziach odwzorowania, szczególnie w przypadku bardziej skomplikowanego modelu. Różnice te są mniej widoczne przy wyższych wartościach ciśnienia.

3.3 Formowanie impulsowe z doprasowaniem

Wyniki pomiarów twardości (stopnia zagęszczenia) w zależności od wielkości ciśnienia medium hydraulicznego, przy stałym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego przedstawia tabela 4.

Tablica 4

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej w zależności od wielkości ciśnienia medium hydraulicznego prasy przy stałym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego

Ciśnienie w komorze zaworu impulsowego MPa	Ciśnienie medium hydraulicznego prasy MPa	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy K [°tw] w punktach																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,4	-	81	78	84	84	77	81	-	87	83	82	84	73	76	-	70	71	77
0,4	5,0	78	80	82	86	70	84	76	85	82	78	85	81	85	87	72	70	68
0,4	10,0	85	82	84	78	82	83	80	86	82	85	86	85	87	87	73	75	80
0,4	15,0	80	79	78	79	77	85	77	87	82	80	87	84	90	90	74	73	83
0,4	20,0	78	80	79	81	75	81	87	86	82	81	91	89	92	90	75	75	87

Przeprowadzone przy stałym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego badania pokazują, że przy doprasowaniu formy po zagęszczaniu impulsowym nie jest uzasadnione stosowanie maksymalnej siły nacisku prasy - 20 MPa, gdyż uzyskiwane wysokości twardości są zbliżone do wartości uzyskiwanych przy niższych ciśnieniach. Stwierdzono również, że przy zastosowaniu maksymalnych ciśnień doprasowania następuje ścinanie utwardzonej wcześniej podczas impulsu masy co ujawniało się odrywaniem niektórych elementów formy przy jej oddzielaniu od modelu.

4. Badanie parametrów zespołu impulsowego i wynikające z tego zmiany konstrukcyjne

Podczas formowania impulsowego czasy narastania ciśnienia powietrza nad formą powinny zawierać się w przedziale 10-20 ms, a przyrost ciśnienia w tym czasie powinien wynosić do 500 kPa. Aparatura pomiarowa musi zapewnić możliwość pomiaru i rejestracji zmian wielkości mierzonych z dobrą dokładnością w krótkich przedziałach czasowych. Biorąc pod uwagę doświadczenia uzyskane przy badaniu doświadczalnych konstrukcji Instytutu Odlewnictwa, podczas pomiarów jako rejestrator wykorzystano dwukanałowy oscyloskop z pamięcią cyfrową - Tetronix 2220. Do pomiaru czasu narastania i opadania ciśnienia powietrza w wybranych punktach formierki ciśnienia zastosowano czujniki serii PS-F-600 o dużej szybkości działania i zakresie pomiarowym 600 kPa. Do pomiaru czasu otwarcia zaworu głównego zastosowano fotonowy czujnik przesunięcia, konstrukcji IO. Stałe czasowe obu wykorzystanych czujników są na poziomie $1 \mu\text{s}$, co zapewnia dokładny pomiar ciśnienia i przesunięcia w wybranych punktach pomiarowych. Wszystkie czujniki zasilano z separowanych zasilaczy akumulatorowych. Przebiegi zarejestrowane oscyloskopem pozwoliły na określanie korelacji czasowych wybranych przebiegów pomiarowych.

Biorąc pod uwagę zasadę działania podzespołów formierki wytypowano następujące miejsca pomiaru ciśnienia:

- komora rozprężna formierki
- zbiornik zasilający,
- zbiornik nad membraną wymuszającą zamknięcie zaworu impulsowego.

W miejscu tym możliwy był również pomiar przebiegu otwarcia zaworu impulsowego.

Z uwagi na konieczność pomiaru pojedynczych przebiegów czasowych (nie okresowych), do wyzwalania zewnętrznego oscyloskopu wykorzystano wolne styki przekaźnika sterującego pracą zaworu pilotującego. Na wejścia pomiarowe oscyloskopu podawano zgodnie z założonym programem badań sygnały pochodzące z czujnika przesunięcia i / lub czujników ciśnienia. Po dokonaniu pomiaru wyniki rejestrowano metodą fotograficzną.

Ogółem zarejestrowano ponad 200 przebiegów pomiarowych. Uzyskiwane wyniki pozwalały na bieżącą ocenę i regulację parametrów pracy podzespołów formierki, co z kolei ułatwiało dokonywanie zmian konstrukcyjnych.

Podczas prowadzenia badań zgromadzono dużą ilość wyników udokumentowanych zdjęciami. W artykule przedstawiono dokładniej dwa analizowane zagadnienia.

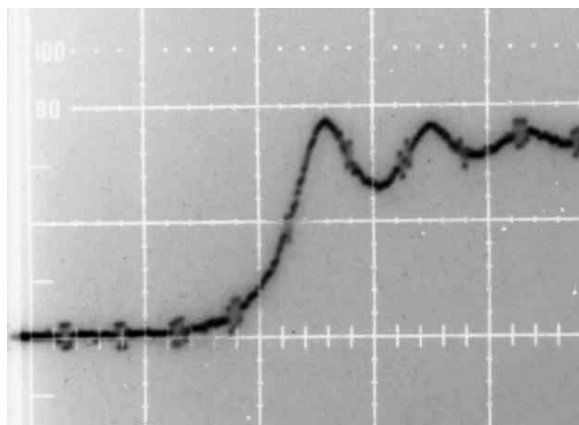
4.1 Czas otwarcia zaworu impulsowego

Zawór impulsowy uruchamiany jest przez wypuszczenie sprężonego powietrza ze zbiornika nad membraną przez zawór pilotujący. Membrana powiązana jest mechanicznie z zaworem impulsowym. W celu zmniejszenia hałasu powodowanego powietrzem wydostającym się z zaworu pilotującego, zastosowany został zbiornik pośredni (rozładowczy) wyposażony w tłumiki.

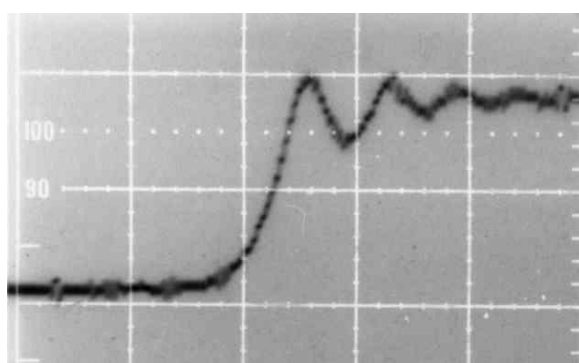
Podczas prób przeprowadzono serię pomiarów prędkości przesuwu membrany. Wyniki pomiarów przedstawiono przykładowo na fotografiach 1 i 2. Obie fotografie wykonano dla jednakowych ustawień aparatury pomiarowej: $x - 20 \text{ ms/dz}$, $y - 50 \text{ mV/dz}$.

Porównując przebiegi z obu fotografii, można zauważyć zwiększenie prędkości przesuwu membrany oraz wyraźnie widoczne zmniejszenie tłumienia jej swobodnego ruchu.

Uzyskane wyniki dały podstawy do zwiększenia zbiornika rozładowczego oraz wyposażenia go w znacznie większą ilość tłumików wydechu. Celowość wykonanych zmian potwierdzona została pomiarami twardości form.



Fot.1. Zmiana położenia membrany w funkcji czasu zmierzona z tłumikami wydechu.

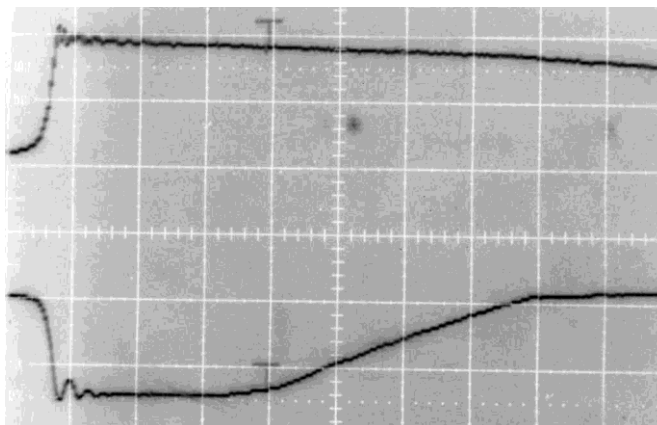


Fot.2. Zmiana położenia membrany w funkcji czasu zmierzona bez tłumików wydechu.

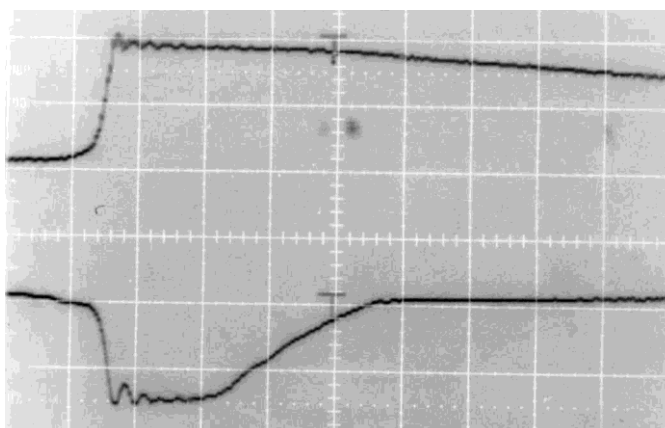
4.2 Całkowity czas otwarcia zaworu impulsowego

Podczas otwarcia zaworu impulsowego w krótkim momencie czasu następuje proces wykonywania formy. Po tym okresie utrzymywanie zaworu otwartego jest niewskazane, ponieważ poprzez nieszczelności zestawu formierskiego następuje niepotrzebny ubytek sprężonego powietrza. Zamknięcie zaworu następuje poprzez napełnienie zbiornika nad membraną przez sprężone powietrze dostarczane przez sieć zasilającą. Możliwość dostarczania koniecznej ilości powietrza jest więc ograniczona. Większą ilość powietrza można uzyskać z akumulatora, umieszczonego przy trójdzielnym zaworze pilotującym.

Poniżej przedstawiono wyniki uzyskanych pomiarów dla formierki bez akumulatora i z akumulatorem sprężonego powietrza. Fotografia 3 i 4 wykonano dla jednakowych ustawień aparatury pomiarowej; x – 50 ms/dz., y – 50 mV/dz.



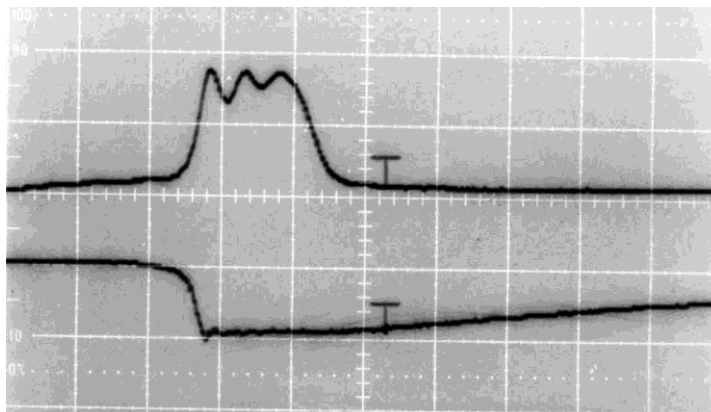
Fot.3. Zmiana położenia membrany (dolny przebieg), oraz zmiana ciśnienia powietrza nad formą (górny przebieg) w funkcji czasu dla formierki bez akumulatora powietrza.



Fot.4. Zmiana położenia membrany (dolny przebieg), oraz zmiana ciśnienia powietrza nad formą (górny przebieg) w funkcji czasu dla formierki z akumulatorem powietrza.

Na fotografii 4 można zauważyć znaczne przyspieszenie ruchu powrotnego membrany oraz mniejszą stratę powietrza w zbiorniku formierki. Możliwe jest dalsze przyspieszenie ruchu powrotnego membrany poprzez powiększenie akumulatora powietrza. W celu sprawdzenia granicznych możliwości zastosowanego rozwiązania przeprowadzono pomiar przy zmniejszonym ciśnieniu w zbiorniku głównym formierki – co jest równoważne powiększeniu akumulatora powietrza. Pomiary wykonano dla $x - 20 \text{ ms/dz}$, $y - 50 \text{ mV/dz}$

Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zapewnienia bardzo krótkich czasów zamknięcia zaworu impulsowego ok. 40 ms. Porównanie zaś fotografii 2 i 5 wskazuje również na znaczne przyspieszenie czasu otwierania zaworu spowodowane wprowadzeniem zmian konstrukcyjnych zespołu zaworu impulsowego.



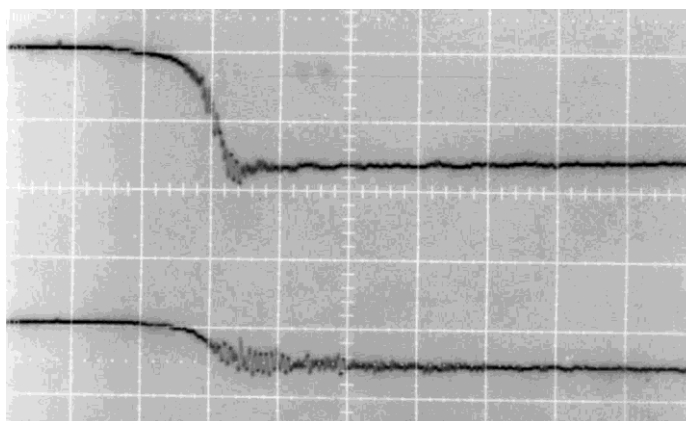
Fot.5. Zmiana położenia membrany (dolny przebieg), oraz zmiana ciśnienia powietrza nad formą (górny przebieg) w funkcji czasu dla formierki z akumulatorem powietrza przy obniżonym ciśnieniu w zbiorniku głównym.

Fotografia 6 przedstawia zarejestrowany przebieg narastania ciśnienia w zbiorniku nad formą oraz spadek ciśnienia w zbiorniku zasilającym dla maksymalnej wartości ciśnienia powietrza w zbiorniku zasilającym (0,6 MPa), uzyskany po wprowadzeniu wszystkich zmian konstrukcyjnych. Pomiar wykonano przy następujących ustawieniach oscyloskopu:

- oś X (czas) - 20 ms/działkę
- oś Y (ciśnienie) - 50 mV/działkę.

Górny wykres zarejestrowano dla odwróconej skali na osi Y.

Do obliczeń zgodnie z danymi obu czujników przyjęto, że zmianie napięcia o wartość 135 mV odpowiada zmiana ciśnienia 0,6 MPa. Objętość zbiornika zasilającego wynosi 0,5 m³.



Fot.6. Przebieg narastania ciśnienia w zbiorniku nad formą oraz spadek ciśnienia w zbiorniku zasilającym.

Dane te pozwalają obliczyć następujące parametry:

- aproksymowany czas otwarcia zaworu impulsowego - 12,8 ms,
- impuls formujący - 35 MPa/s.,
- spadek ciśnienia w zbiorniku zasilającym - 0,12 MPa,
- zużycie powietrza na wykonanie połówki formy – ~0,6 nm³

Obliczone dane świadczą o uzyskaniu założonych parametrów konstrukcyjnych formierki.

5. Badania zagęszczania form impulsem i przez prasowanie po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych

Po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych, wynikających z wstępnych prób formowania i z badań zespołu impulsowego, przeprowadzono ponownie próby wykonywania form przez zagęszczanie impulsowe i przez zagęszczanie impulsowe z doprasowaniem. Do wykonywania form stosowana była masa formierska bentonitowa obiegowa z dodatkiem pyłu węglowego o parametrach:

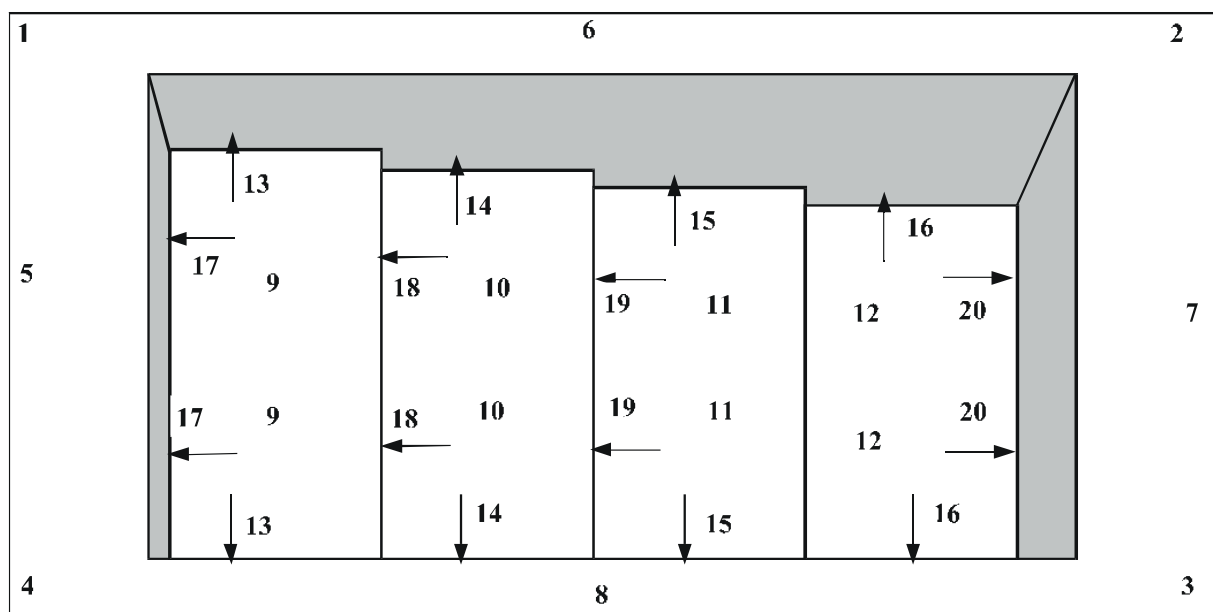
- wilgotność $W = 3,15 - 3,3 \%$
- wytrzymałość na ściskanie na wilgotno $R_c^w = 0,098 - 0,107 \text{ MPa}$
- przepuszczalność $P^w = 250 - 260 \text{ j.p.}$
- zagęszczalność $Z = 49 - 54 \%$

Do sporządzania form zastosowano specjalnie wykonane skrzynki o wymiarach 630x500x150 i płyty modelowe z modelami:

- I model korpusu pompy i wentylatora
- II model schodkowy.

Stopień zagęszczenia masy w formie określany był poprzez pomiar twardości formy. Twardość określana była przy pomocy twardościomierza firmy „GF”.

Rozkład punktów pomiaru twardości w formie od strony modelu I przedstawia rysunek 1, a od strony modelu II - rysunek 2.



Rys. 2. Rozkład punktów pomiarowych twardości od strony modelu II schodkowego

5.1 Formowanie impulsowe

Po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych przeprowadzono próby zagęszczania impulsowego w pełnym zakresie od 0,15 do 0,6 MPa. Pomiary przeprowadzono na formach dla modelu schodkowego (model II).

Z badań tych wynika, że już przy ciśnieniu powietrza w komorze zaworu impulsowego 0,15 MPa można otrzymać formy w stanie nieuszkodzonym. Twardość tych form jest niska. Przy ciśnieniu 0,2 MPa otrzymuje się formy o twardościach w granicach 55 –81 stopni. Ze wzrostem ciśnienia powietrza w komorze zaworu następuje zwiększenie twardości formy. Przy ciśnieniu 0,6 MPa forma osiąga twardość 82 - 90 stopni. Istnieje zatem możliwość regulacji uzyskiwanych twardości form przez dobór ciśnienia powietrza w komorze zaworu impulsowego.

Tablica 5

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej w zależności od wielkości ciśnienia w komorze zaworu impulsowego po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych.

Ciśnienie w komorze zaworu impuls. MPa	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy i na powierzchniach wewnętrznych K [°tw] w punktach																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20
0,15	64	65	65	67	55	62	54	55	67	48	53	51	26	41	39	34	38	53
									55	62	45	56					36	41
0,2	75	76	80	80	66	69	66	71	81	78	72	76	66	68	58	62	59	64
									76	73	75	77	68	65	63	63	60	55
0,3	85	84	78	76	78	72	80	81	78	79	78	75	70	73	72	67	65	73
									82	78	74	74	72	70	74	73	75	74
0,4	86	85	80	83	78	83	80	81	84	84	85	80	81	83	77	83	67	82
									83	84	82	82	83	77	70	78	74	73
0,5	86	86	87	85	85	86	87	85	86	85	80	83	83	85	89	85	82	85
									80	85	87	84	83	84	86	87	82	85
0,6	90	85	88	88	82	87	90	90	87	86	85	84	83	85	85	87		88
									90	87	87	87	85	85		82		90

5.2 Formowanie impulsowe z doprasowaniem

Pomiary przeprowadzono na formach dla modelu I.

Tablica 6 przedstawia wyniki pomiarów stopnia zagęszczenia masy w zależności od ciśnienia w komorze zaworu impulsowego bez doprasowania i ze stałym doprasowaniem 15,0 MPa. Uzyskane w tych badaniach wyniki wskazują, że doprasowanie formy (ciśnienie prasy 15,0 MPa) po zagęszczaniu impulsowym z zastosowaniem wyższych ciśnień powietrza –powyżej 0,4 MPa nie wpływa na wzrost twardości formy od strony modelu . Tak więc przy formowaniu impulsowym celowe może być doprasowanie formy tylko w przypadku potrzeby wzmocnienia formy od strony stempla prasującego i przy niskich wartościach ciśnienia w komorze zaworu impulsowego.

Tablica 6

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej w zależności od wielkości ciśnienia w komorze zaworu impulsowego bez i z doprasowaniem dla modelu I po zmianach konstrukcyjnych formierki

Ciśnienie w komorze zaworu impulsowego MPa	Ciśnienie medium hydraulicznego prasy MPa	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy i na powierzchniach wewnętrznych K [°tw] w punktach																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,3	-	80	78	78	82	70	82	71	90	80	75	78	78	80	83	67	60	79
0,3	15,0	81	82	79	84	75	88	83	92	86	79	80	85	94	90	77	69	85
0,4	-	82	80	86	88	80	82	63	83	81	70	77	75	76	85	72	73	78
0,4	15,0	82	82	84	86	80	81	81	87	84	85	80	85	95	90	78	80	84
0,5	-	88	90	84	87	82	88	78	96	85	87	77	83	82	89	78	75	81
0,5	15,0	86	84	81	88	81	88	87	82	84	85	86	88	95	90	78	77	88

Tablica 7 przedstawia wyniki pomiaru twardości form wykonanych przy stałym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego i zmieniającym się ciśnieniu medium hydraulicznego prasy.

Tablica 7

Pomiary stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej w zależności od wielkości ciśnienia medium hydraulicznego prasy przy stałym ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego dla modelu I po zmianach konstrukcyjnych formierki

Ciśnienie w komorze zaworu impulsowego MPa	Ciśnienie medium hydraulicznego prasy MPa	Twardość formy na powierzchni odwzorowania - na powierzchni podziałowej formy i na powierzchniach wewnętrznych K [°tw] w punktach																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,4	-	82	80	86	88	80	82	63	83	81	70	77	75	76	85	70	73	78
0,4	5,0	81	81	86	80	75	83	74	82	85	76	81	82	88	82	75	75	82
0,4	10,0	80	81	84	85	76	83	69	91	85	82	83	82	90	87	74	73	82
0,4	15,0	82	82	84	86	80	81	81	87	84	85	80	85	95	90	78	80	84

Z badań tych wynika również, że nie jest celowe stosowanie wysokich ciśnień doprasowania po formowaniu impulsowym. Przy stosowaniu doprasowania wystarczającym jest zastosowanie ciśnieniu medium hydraulicznego prasy 5,0 MPa.

Podczas badań wykonywano różne inne formy ze skomplikowanymi modelami, których wyniki nie zostały zamieszczone w tym artykule

Uzyskane wyniki pomiarów stopnia zagęszczenia masy w strefie przymodelowej pokazują, że zadowalające wyniki można uzyskać stosując wysokie ciśnienie medium hydraulicznego prasy przy niskim ciśnieniu w komorze zaworu impulsowego, lub wysokie ciśnienie w komorze zaworu impulsowego przy niskim ciśnieniu medium hydraulicznego prasy. Doboru tych wartości należy dokonywać indywidualnie dla każdego modelu.

Pomiary twardości formy uwzględniające stopień skomplikowania modelu pokazują, że im większy stopień skomplikowania modelu i im większe różnice w wysokości poszczególnych elementów umieszczonych na płycie modelowej, tym ważniejszy staje się czynnik działania impulsu, tzn. należy wówczas stosować większe ciśnienie w komorze zaworu impulsowego przy mniejszej sile prasy. Tym bardziej, że wykonane pomiary twardości od strony stempla prasującego są, przy zmieniających się ustawieniach ciśnienia zaworu impulsowego i siły prasowania, zbliżone do siebie i wahają się w granicach od 86 do 92° tw.

W czasie prób wykonywania form przeprowadzono pomiary hałasu emitowanego przez prototypową formierkę FT-65. Formierka emituje hałas o zwiększonej intensywności tylko podczas impulsu, który trwa ok. 15 ms. W tym krótkim czasie w odległości 1,5 m od formierki zmierzony szczytowy poziom hałasu L_{CPEAK} wynosił od 90 do 102 dB. w zależności od ciśnienia powietrza w komorze zaworu. Z uwagi na bardzo krótki czas trwania właściwego procesu impulsowego jego udział w ogólnej emisji hałasu (przy obliczaniu ekwiwalentnego poziomu) jest ograniczony.

Literatura:

1. Biedacha R. „Prototyp formierki impulsowej dla form o wymiarach 500x600 mm”. Prace Instytutu Odlewnictwa, nr 1-2,1992, s.93-104
2. Biedacha R. i in. „Niektóre zagadnienia mające istotny wpływ na poprawną pracę formierki impulsowej”. – Mat. I Konfer.: „Tendencje rozwojowe w mechanizacji procesów odlewniczych”, Wyd. Odlewnictwa AGH, PAN, STOP, Kraków 1994, s.57-62
3. Smyksy K. „Ocena współczesnych maszyn formierskich w aspekcie bezpieczeństwa pracy w odlewni”- Mat. Międzynarodowej Konferencji: „Nowoczesne technologie odlewnicze-ochrona środowiska”, Kraków wrzesień 1995, s.180-185
4. Domżał R. i in. „Wybrane badania impulsowego zagęszczania mas formierskich” – Mat. Konfer. ”Krzepnięcie metali i stopów”, PAN-Oddział Katowice, nr 33, 1997, s.271-277
5. Biedacha R. „Próby i badania prototypu agregatu formierskiego - impulsowego AFJ-86” – Praca badawcza Instytutu Odlewnictwa, zlec.4338, 1997

mgr inż. Wiesław Orzechowski, WSM „KROTOSZYN”, Krotoszyn
dr inż. Stanisław Chorzępa Politechnika Wroclawska
mgr inż. Walerian Soliński, PPP Technical, Nowa Sól
mgr inż. Ryszard Krystkowiak, PPP Technical, Nowa Sól

KSZTAŁTOWANIE ODLEWÓW TULEI CYLINDROWYCH NA LINII LOT - 8

1. Wprowadzenie.

Żeliwo z grafitem płatkowym utrzymuje dominującą pozycję jako materiał stosowany na tuleje cylindrowe. Fakt ten wpływa na wybór procesu topienia i kształtowania odlewów. Realizacja tych procesów zgodnie z regułami fizyko-chemicznymi odbywa się na urządzeniach rozmieszczonych w obszarze odlewni. Urządzenia w bloku wytapiania żeliwa na przestrzeni lat uległy w WSM „Krotoszyn” S.A. wymianie ze względu na oczekiwania jakościowe, operacyjne, obniżkę kosztów wytwarzania ciekłego metalu i ochronę środowiska.

Początkowo topienie żeliwa odbywało się w żeliwiakach, w roku 1971 zainstalowano zespół tyglowych pieców indukcyjnych sieciowej częstotliwości oraz piec indukcyjny kanałowy jako bufor dla przetrzymania płynnego metalu.

Zasada ta została wykorzystana przy budowie topialni w nowej odlewni WSM „Krotoszyn” S.A. Tendencje rozwojowe w elektrometalurgii żeliwa, problemy logistyczne związane z koniecznością wytapiania wielu gatunków żeliw były impulsem wprowadzenia w roku 1998 tyglowych pieców indukcyjnych średniej częstotliwości ze sterowaniem komputerowym nadzorującym przebieg procesu topienia.

Proces wirującej formy w odlewni wykorzystano w bloku kształtowania odlewów przeznaczonych na tuleje cylindrowe. Aspekty techniczne i konkurencja na rynku wymusiły postęp technologiczny i zmiany w konstrukcji urządzeń.

Do roku 1962 stosowano pojedynczą maszynę z kokilą stalową chłodzoną wodą. Od 1963 roku ze względu na konieczność wzrostu produktywności wprowadzono agregat zblokowany z pojedynczych maszyn. Transport metalu wokół agregatu odbywał się za pomocą kadzi podwieszanej o pojemności 120 kg.

Wymagania dotyczące właściwości odlewów tulei cylindrowych spowodowały zmiany w technologii odlewania. Wprowadzono modyfikację metalu, powiązano temperaturę odlewania z grubością ścianki odlewu, zastosowano suche pokrycie na kokilę.

Nowością konstrukcyjną ośmio stanowiskowego agregatu jest stół obrotowy, na którym umiejscowiono osiem maszyn z wirującą formą, zasilanych przez zespół przenoszenia energii.

Wokół stołu znajdują się manipulatory wykonujące czynności :
zalewanie,

- zdejmowanie pierścienia z formy,
- wyjęcie odlewu, zakładanie pierścienia,
- nanoszenie pokrycia.

Możliwość sterowania parametrami formy oraz kokila warstwowa to zasadnicze innowacje technologiczne tego projektu. Rezultatem wdrożenia było spełnienie oczekiwań klientów dotyczących właściwości materiałów tulei cylindrowych.

Konieczność zwiększenia niezawodności ruchowej dotychczasowych agregatów ośmiostanowiskowych była jedną z przesłanek wykonania nowego gniazda produkcyjnego. Wykorzystując dotychczasową ideę agregatu ośmiostanowiskowego wprowadzono szereg zmian konstrukcyjnych mających na celu zwiększenie stopnia pewności procesu wytwarzania odlewów tulei cylindrowych.

Podkreślmy, że przez cały czas eksploatacji trwają prace związane z doskonaleniem sterowania parametrami procesu krzepnięcia i stygnięcia.

Alternatywą dla dotychczasowych rozwiązań było uruchomione w roku 1997 urządzenie wyposażone w osiem maszyn z wirującą formą rozmieszczonych na stole o poziomej osi obrotu. Maszynę uzbraja się w kokile stalowe, pierścienie i korki. Przekazanie napędu na formę odbywa się przez przesuwny korek.

Zespół manipulatorów pozwala zrealizować zabiegi technologiczne tj. zalewanie kokili, usuwanie odlewu, czyszczenie kokili, nanoszenie ciekłej powłoki. Mikroprocesor przemysłowy umożliwia programowanie parametrów technologicznych i pozwala na automatyczne sterowanie cyklem pracy urządzenia.

Dotychczasowe wyniki potwierdziły, że dążenie do podwyższenia właściwości materiałów tulei cylindrowych tą drogą są optymalne od strony technicznej. Wadą tego rozwiązania są znaczne koszty ponoszone w trakcie eksploatacji.

3. Linia LOT - 8 do kształtowania odlewów tulei cylindrowych.

Skojarzenie dwóch odrębnych procesów, formowania skorupowego i wirującej formy, jest nowym w swojej istocie rozwiązaniem technicznym kształtowania odlewów przeznaczonych na tuleje cylindrowe.

Konsekwencją przyjętego założenia jest budowa linii LOT – 8 przez zespół „TECHNICAL” – Nowa Sól i WSM „KROTOSZYN” S.A. – Krotoszyn.

Zasadniczym elementem linii jest stół obrotowy o pionowej osi obrotu, osadzony na łożysku wieńcowym i podparty na obwodzie rolkami. Centralnie na stole osadzony jest zespół przenoszenia energii umożliwiający przeniesienie energii elektrycznej, sprężonego powietrza oraz wody chłodzącej z części stałej stołu na część obrotową.

Napęd stołu realizowany jest przez cylinder hydrauliczny, którego dokładne pozycjonowanie zapewnia mechanizm centrujący.

Na górnej powierzchni stołu posadowionych jest promieniowo 10 sztuk jednakowych wirówek.

Cechą charakterystyczną wirówek jest to, że wszystkie czynności mające na celu przygotowanie wlewnicy do zalania (czyszczenie, wstrzelenie wkładki skorupowej, wypchnięcie odlewu tulei z wlewnicy) wykonywane są poza wirówką.

Prawidłowy proces wykonania odlewu tulei zapewniają dwa manipulatory - zalewania i natryskiwania powierzchni wewnętrznej wkładki skorupowej - oraz zblokowane stanowisko technologiczne (6-cio pozycyjne) w którego skład wchodzi:

- stół obrotowy 6-cio pozycyjny (magazyn wlewnic),
- manipulator wypychania odlewu z wlewnicy,
- manipulator czyszczenia wlewnicy,
- rdzeniarka do wstrzeliwania koszulki rdzeniowej.

Metal dozowany jest przez zespół zalewania składający się z:

- standardowego pieca dozującego OPIK - 1000 Żl,
- manipulatora zalewania z przechyłanym automatycznie tygłem i lejem zalewowym,
- urządzenia do automatycznej modyfikacji.

Temperatura wlewnicy utrzymywana jest poprzez układ chłodzenia form sprzężony z automatycznym pomiarem temperatury.

Urządzenia peryferyjne w postaci zespołu odciągu pary i filtra pulsacyjnego zabezpieczają środowisko przed przekroczeniem dopuszczalnych (wg aktualnych przepisów) emisji zanieczyszczeń.

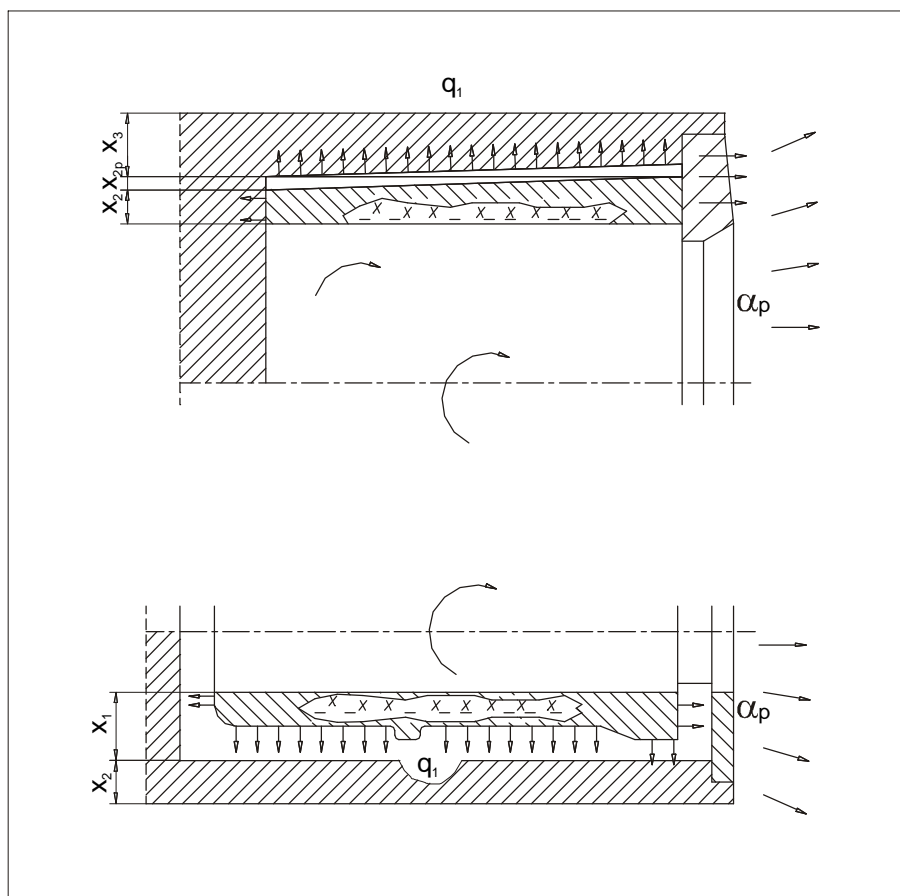
Linia LOT-8 sterowana jest ze zintegrowanego pulpitu operatorskiego. Ponadto zespoły robocze wyposażone są w odrębne sterowanie ręczne.

Podstawowe parametry technologiczne programowane są przy wykorzystaniu sterownika swobodnie programowalnego i panelu operatorskiego.

Na rysunku nr 2 przedstawiamy uproszczony model wymiany ciepła pomiędzy odlewem odśrodkowym i otoczeniem, na którym powyżej osi symetrii przedstawiono przykład krzepnięcia odlewu w formie metalowej, a poniżej osi -krzepnięcie odlewu w formie z wkładką skorupową.

O ile odprowadzenie ciepła z powierzchni wewnętrznej jest dla obu przypadków jednakowe, to strumień cieplny przejmowany przez formę metalową jest znacznie większy od strumienia ciepła przejmowanego przez skorupę.

Warunki te wywierają decydujący wpływ na strukturę metalu i jego właściwości. W czasie krzepnięcia metalu tworzy się jego pierwotna struktura, powstają rzadziny, jamy skurczowe, pęcherze gazowe, formują się i umiejscawiają wtrącenia niemetaliczne i ujawnia segregacja. W skrzepłym metalu podczas dalszego stygnięcia kształtuje się jego struktura wtórna, a dalsze zmiany skurczowe mogą być źródłem naprężeń, odkształceń i pęknięć na gorąco.



Rys.nr2

Zjawiska opisane powyżej zachodzące w procesie odśrodkowego odlewania tak na pozór prostego odlewu jak tuleja są skomplikowane i mimo licznych badań jeszcze nie dostatecznie poznane i wyjaśnione.

Zastosowanie w formie wirującej wstrzelonej wkładki skorupowej może zakłócić jednokierunkowość krzepnięcia odlewu. W efekcie w miejscu spotkania się frontów krystalizacji powstaje strefa rzadziny i zanieczyszczeń. Jednak możliwość obniżki wagi odlewów tulei cylindrowych ujednorodnienie i podwyższenie własności mechanicznych, wpływ na strukturę, polepszenie skrawalności stanowią wystarczającą zachętę do podjęcia przez zespoły „TECHNICAL” – Nowa Sól i WSM „KROTOSZYN” S.A. – Krotoszyn próby przemysłowego wdrożenia projektu przy równoczesnym usunięciu opisanych wad.

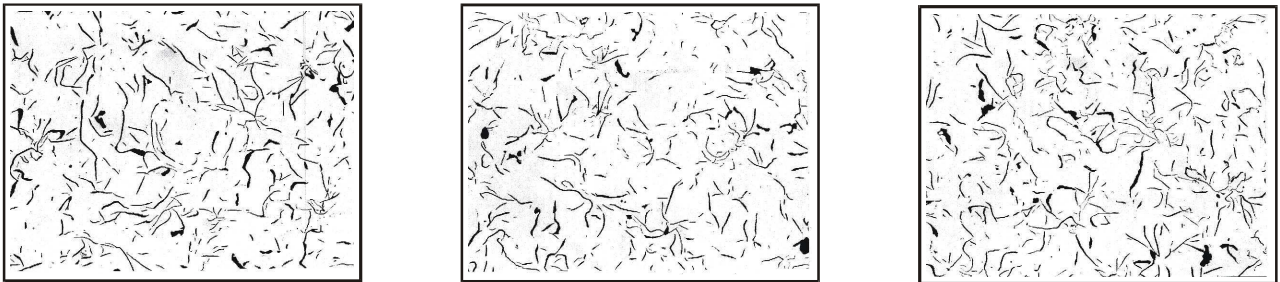
Wstępne wyniki oceniające wpływ warunków wymiany ciepła pomiędzy odlewem, wkładką skorupową, kokilą a otoczeniem oceniane przez rozmieszczenie wydzieleń grafitu potwierdzają, że przyjęty kierunek jest technicznie i ekonomicznie uzasadniony (patrz zdjęcie).

4. Podsumowanie

Skojarzenie dwóch odrębnych procesów formowania skorupowego i wirującej formy jest nowym w swojej istocie rozwiązaniem technicznym kształtującym odlewy przeznaczone na tuleje cylindrowe.

Obniżenie ciężaru tulei cylindrowych, ujednorodnienie i podwyższenie własności mechanicznych, możliwość wpływu na strukturę wielofazową „tworzywo kompleksowe” polepszenie skrawalności potwierdza, że przyjęty kierunek jest technicznie uzasadniony.

GRAFIT



Rys.nr3

Niezawodność pracy linii LOT- 8 a tym samym utrzymanie powtarzalności procesu jest owocem zdobytego doświadczenia (KNOW-HOW) w czasie wieloletniej współpracy pomiędzy zespołami „TECHNICAL” – Nowa Sól i WSM „KROTOSZYN” S.A. – Krotoszyn.

Literatura :

1. Patent CSRS KL 31c Nr 108 169
2. Patent Polska KL 21c Nr 96 734
3. E.Czarnecki, Wiesław Orzechowski – Biuletyn Techniczny rok 1966 nr 5 i 6
4. Stefan Witczak – „Przegląd odlewnictwa” 1997 rok nr 10
5. Stanisław Chorzępa, Jerzy Jasiak – „Przegląd Odlewnictwa” 1997 rok nr 10
6. Jan Wojciechowski – „Przegląd Odlewnictwa” 1997 rok nr 10
7. Wiktor Wąsik – „Przegląd Odlewnictwa” 1997 rok nr 10

prof.dr hab.inż. Ireneusz Dzwonnik
Politechnika Zielonogórska

WPLYW JAKOŚCI MASY I TECHNIK FORMOWANIA NA JAKOŚĆ ODLEWÓW

Streszczenie.

Przedstawiono kompleksową analizę wpływu jakości masy i wykonanej z niej formy na jakość odlewów. Do analizy wprowadzono rozważania o wzajemnym wpływie parametrów właściwości mas i form oraz właściwości form i odlewów. Uzasadniono, że nie można rozważać bezpośredniego wpływu jakości formy na jakość odlewu gdyż jest brak podstawowych danych do takich rozważań. O jakości formy i odlewu decydują ich właściwości i wzajemne oddziaływanie osiągane w poszczególnych fazach procesu. Generalnie stwierdza się brak bezpośrednich danych pozwalających na przyjęcie parametrów formy gwarantującej dobrą jakość odlewu otrzymanego w tej formie.

1. Wstęp.

Zagadnienie sformułowane w tytule jest bardzo obszerne i złożone, wymaga odpowiedniego zdefiniowania stosowanych określeń i pojęć.

Na wstępie, proponuję zdefiniować masę formierską, pod tym określeniem należy rozumieć, że jest ona mieszaniną materiałów odpowiednio przygotowanych po operacjach dozowania i mieszania. Masa formierska jest materiałem na formę, można ją opisać parametrami: gęstości pozornej w stanie nie zagęszczonym, wilgotności, płynności, ognioodporności itp. Są to parametry opisujące właściwości mas przed i w trakcie zagęszczania. Masa poddana procesowi formowania (zagęszczania) staje się materiałem formy a obiekt otrzymany po procesie formowania nazywamy formą elementarną. W zależności od parametrów zagęszczania z tej samej masy można otrzymać szereg różnych form elementarnych o różnych właściwościach. Jeżeli forma elementarna nie będzie poddawana dalszym operacjom to mamy do czynienia z formą nie utwardzoną, popularnie zwaną formą wilgotną. Jeżeli, natomiast elementarną formę nie utwardzoną poddamy procesowi utwardzania dowolnym sposobem to po tej operacji otrzymamy elementarną formę utwardzoną. Szereg form elementarnych nie utwardzonych i utwardzonych poddanych procesowi montażu utworzą złożoną formę odlewniczą. Formę złożoną po odpowiednim przygotowaniu poddaje się procesowi zalewania ciekłym metalem. Po czasie krystalizacji, krzepnięcia i stygnięcia odlewu, następuje proces oddzielania odlewu od formy tj. proces wybijania. Z przedstawionego w skrócie procesu wykonania form i odlewów wynika, że rozważania nad wpływem jakości masy i sposobów formowania na jakość odlewów wymaga również bliższego określenia, co rozumiemy pod pojęciem jakość odlewu.

Dobra jakości, to dochowanie parametrów odlewów jakie postawił przed odlewnią, zleceniodawca. Do najczęściej stawianych wymagań dla odlewów można zaliczyć: dotrzymanie wymiarów i kształtów, twardość i gładkość powierzchni, bez widocznych lub ukrytych wad odlewniczych, wytrzymałość próbek odlewanych osobno lub wycinanych z odpowiednich miejsc odlewu, szczelność, odpowiednia struktura i skład chemiczny materiału odlewu, itd. Niektóre z wymienionych właściwości odlewu mało zależą od właściwości masy lub wykonanej z niej formy, (skład chemiczny), inne właściwości odlewu zależą nie tylko od składu chemicznego metalu ale również od jakości termofizycznych materiału formy (struktura, odlewu). Przy złożonych oddziaływaniach formy i metalu na jakość odlewu, często występują duże trudności wyznaczenia zjawisk wywierających dominujący wpływ na jakość odlewów.

2. Analiza wpływu parametrów właściwości mas i form na jakość odlewów.

Wpływ jakości mas i właściwości form z nich wykonanych na jakość odlewów otrzymywanych z tych form można rozważać w aspekcie przebiegu procesu technologicznego wykonywania form i odlewów. Proponuję przyjąć następujący schemat procesu przedstawionego na rys.1. Przyjęto następujące fazy procesu technologicznego wykonywania formy przebiegających w różnych zakresach temperatury T równej temperaturze otoczenia T_0 , w temperaturze wyższej i równej temperaturze otoczenia T_0 oraz w temperaturze niższej od temperatury otoczenia T_0 . Procesy zagęszczania, usuwania modeli i montaż form z reguły przebiegają w $T=T_0$. W rozważaniach pominięto operacje mieszania jako fazę procesu, gdyż uznano, że odpowiednia jakość wymieszania składników mas jest zapewniona poprawnym doбором mieszarki i parametrów mieszania. Również nie rozważano doboru jakościowego i ilościowego składników mas, gdyż te dobiera się w zależności od rodzaju stopu i wielkości odlewu. Sprawa doboru ilościowego składników mas komplikuje się przy procesie odświeżania mas przeznaczonych na formy nie utwardzone (wilgotne). Zmienność obciążenia termicznego form i związanej z nim degradacji składników mas (bentonitu i dodatku węglotwórczego oraz wody) utrudnia otrzymanie stabilnych właściwości mas i form. Przy stosowaniu mas z spoiwem glinowym dodatkowo występuje zagadnienie spulchniania mas po procesie wymieszania. Masy otrzymywane z mieszarek krążnikowych i pobocznicowych wymagają spulchniania, natomiast z mieszarek turbinowych nie.

* *celem zagęszczania* jest uzyskanie odpowiedniej gęstości pozornej, jednakowej w każdym punkcie formy. Sposoby zagęszczania (formowania) dobiera się w zależności od gatunku masy formierskiej. Sypkie masy z osnową ziarnistą z spoiwem glinowym charakteryzują się największymi oporami przy zagęszczaniu, tj., najniższą właściwością nazywaną ogólnie płynnością, wymagają największych sił podczas zagęszczania. Płynność określana odmiennymi sposobami nazwano zagęszczalność i formowalność. Do najczęściej stosowanych metod zagęszczania mas z spoiwem glinowym można zaliczyć: ubijanie ręczne i przy pomocy ubijaków pneumatycznych, prasowanie pod różnymi zaciskami, narzucanie, wstrząsanie, zagęszczanie impulsowe i zagęszczanie złożone, przynajmniej z dwóch omawianych sposobów. Masy formierskie z spoiwami ciekłymi (olej, szkło wodne, żywice) charakteryzują się wysoką płynnością można je formować dodatkowo nadmuchiwaniami i wstrzeliwaniami, a nawet ręcznym ugniataniem. Najmniejszych sił podczas zagęszczania wymagają ciekłe masy trójfazowe, można je zgęszczać metodą zalewania grawitacyjnego z lekkim wibrowaniem formy. Podobnymi właściwościami charakteryzują się masy ciekłe dwufazowe.

* **wpływ na jakość zgęszczania** wywiera tzw. żywotność mas samoutwardzalnych. Proces utwardzania w tych masach rozpoczyna się od momentu zetknięcia się wprowadzonego do mieszarki utwardzacza z spoiwem i czas, od tego momentu do momentu zagęszczenia wywiera duży wpływ na właściwości otrzymanej formy. Przekroczenie dopuszczalnego czasu żywotności, bez względu na sposób stosowanego zagęszczania, nie gwarantuje dobrej jakości formy.

Właściwość form określana jako plastyczność jest wielkością nie mierzalną, ale istotną dla mas z gliną. Ogólnie określa się ją jako zdolność do odkształceń bez utraty ciągłości materiału

Na jakość mas formierskich duży wpływ wywiera temperatura składników. Ogólnie zaleca się aby temperatura masy po wymieszaniu nie przekraczała 30°C. Jest to szczególnie ważne dla mas samoutwardzalnych.

* **usuwanie modeli z formy oraz montaż formy odlewniczej.** Przy prawidłowej konstrukcji modelu, wyciąganie go z formy bez jej uszkodzenia nie jest trudne do osiągnięcia, jeśli siły przyczepności pomiędzy modelem a masą są niższe od wytrzymałości masy we wszystkich punktach formy. Szczególnie ważną rolę odgrywa przyczepność w formach z mas samoutwardzalnych, bowiem proces częściowego utwardzania spoiwa następuje w obecności modelu. Jest to przyczyną silnego przywierania masy do modelu, i uszkodzania formy podczas usuwania modelu. Temu niekorzystnemu zjawisku można zapobiegać przez stosowanie odpowiednich oddzielaczy.

Najczęściej wytrzymałość formy nie utwardzonej podczas wyjmowania modelu jest głównie zależna od rodzaju i ilości spoiwa. Najwyższą wytrzymałość wykazują formy ze spoiwem glinowym, najniższą formy z spoiwem olejowym. Wysoka plastyczność form z mas glinowych jest ważną cechą formy tak podczas wyciągania modelu z formy jak również podczas jej składania. Masy o niskiej plastyczności z spoiwami ciekłymi wymagają większych pochyleń ścian modeli i rdzennic oraz starannego, osiowego wyciągania modelu. Wytrzymałość formy z mas glinowych również zależy od gęstości pozornej formy, im forma jest silniej zagęszczona tym jej wytrzymałość w stanie nie utwardzonym jest wyższa. Wzrost wytrzymałości formy można uzyskiwać również poprzez zwiększenie ilości gliny i pyłu węglowego przy optymalnym doborze ilości wody.

Osypliwość jest zjawiskiem występującym najczęściej w formach z mas glinowych, w których nastąpiło osychanie powierzchni formy. W wyniku zmniejszenia się wilgotności siły wiążącej ziarna na powierzchni formy maleją do tego stopnia, że ziarna odpadają pod działaniem sił ciężkości lub niewielkich sił zewnętrznych np. strugi metalu. Można osypliwość przyrównać do wytrzymałości powierzchniowej formy. W masach z innymi spoiwami zjawisko osypliwości występuje znacznie rzadziej i jest wywoływane nieodpowiednimi parametrami utwardzania lub przechowywania. Osypliwość form jest najczęściej przyczyną zapiaszczenia odlewów.

* **utwardzanie form** dokonuje się w temperaturze $T > T_0$ i w $T < T_0$.

Podczas procesu utwardzania w temperaturze wyższej od temperatury otoczenia, przy utwardzaniu termicznym, ważną rolę odgrywa wytrzymałość formy po zagęszczeniu (nie utwardzona) gdyż pozwala to na bezawaryjne transportowanie form. Drugą ważną cechą formy jest jej odporność na pękanie pod działaniem temperatury. Wrażliwość na pękanie form jest wywoływana, przede wszystkim, wysoką rozszerzalnością materiału formy oraz nieodpowiednimi parametrami podczas utwardzania termicznego. Na uwagę należy mieć wysokość początkowej temperatury utwardzania oraz przebieg narastania jej w czasie. Przepuszczalność formy podczas procesu utwardzania metodą przedmuchiwania czynnikami utwardzającymi, CO₂, lub aerozolami, odgrywa ważną rolę. Decyduje o parametrach filtracji form i wpływ na dobór parametrów utwardzania, czasu i ciśnienia, oraz na jego końcowy efekt. Wymienione fazy wykonania formy nie obejmują ważnych parametrów technologicznych wynikających z technologiczności projektu omodelownia jak: płaszczyny podziału modelu, naddatków technologicznych i na obróbkę, pochyleń ścian, miejsca usytuowania wlewów doprowadzających i ich wielkości itp.

Następne fazy procesu wytwarzania odlewów dokonuje się w temperaturze znacznie wyższej od temperatury otoczenia, $T > T_0$.

* **zalewanie form**, podczas tego procesu łączenia ciekłego metalu z formą, prędkość wypełniania formy, czas zalewania, temperatura ciekłego metalu oraz ilość metalu, są czynnikami decydującymi o skutkach oddziaływania na formę.

Odporność formy na erozyjne działanie metalu zabezpiecza odlew przed zapiaszczaniem i zapobiega pogorszeniu jakości jego powierzchni.

Odporność powierzchni formy na erozję metalu osiąga się przez nanoszenie powłok ochronnych, natomiast dla form nie utwardzonych przez odpowiednio silne zagęszczenie powierzchni formy. Od strony metalu, erozyjne oddziaływanie, można zmniejszyć przez obniżenie dynamiki napełniania formy metalem oraz obniżenie temperatury metalu.

Następnym czynnikiem właściwości formy wpływającej na jakość odlewów jest *odporność formy na pękanie*. Główną przyczyną powstawania pęknięć formy jest wysoka rozszerzalność materiału formy, oraz czas i temperatura napromieniowania. Czas napromieniowania jest zależny od wielkości odlewu i czasu zalewania. Wzrost czasu zalewania wynikający z wielkością odlewu, zwiększa możliwości powstawania pęknięć powierzchni formy. Nie tylko rozszerzalność materiału formy jest przyczyną pęknięć ale i stopień jego zagęszczenia. Wysoki stopień zagęszczenia zwiększa wrażliwość formy na pęknięcie. Zjawiska pęknięć formy szczególnie silnie występują w formach nie utwardzonych, na wilgotno. Pęknięcia tych form związane z rozszerzalnością materiału formy i również ze zjawiskiem powstawania strefy przewilżonej, ułatwiającej odpadanie części warstwy powierzchniowej formy, tworząc wadę strupa.

Podczas zalewania z formy wydobywa się znaczna ilość gazów, głównie pary wodnej. Jeżeli zdolność filtracyjna (przepuszczalność) formy będzie niższa od ilości wydobywających się gazów, istnieje duże prawdopodobieństwo zagazowania odlewów. Zdolności filtracyjna formy zależy od przepuszczalności materiału formy i systemu odpowietrzenia. Formy o mniejszym zagęszczeniu wykazują wyższą przepuszczalność od form silniej zagęszczonych. Stosowanie form o niskiej przepuszczalności wymaga używania materiałów na formę o niskiej gazotwórczości, którą najprościej można uzyskać przez zmniejszanie ilości składników gazotwórczych jak: woda, spoiwa organiczne itp. Wytrzymałość formy, w tej fazie procesu musi zagwarantować przeniesienie dynamicznych sił wywołanych płynięciem metalu, i przeniesieniem sił pochodzących od ciśnienia metalostatycznego. W formach nie utwardzonych (wilgotnych) może wystąpić zjawisko rozepchnięcia wnętrza formy, powodującego zdeformowanie odlewu. Rdzenie podobnie jak formy narażone na działanie ciekłego metalu, mogą ulec odkształceniu lub złamaniu. Przyczynami złamania elementu formy lub rdzenia pod naporem ciekłego metalu, to za niska ich wytrzymałość w stosunku do zaistniałych warunków w formie. Wywołane to może być przez, nieodpowiedni skład masy formierskiej, zbyt słabe zagęszczenie lub niedostateczne utwardzenie formy. Niska temperatura destrukcji zastosowanego spoiwa może być również przyczyną zniszczenia formy.

* **krzepnięcie i stygnięcie odlewu.**

W tej fazie wykonywania odlewu, w początkowym okresie krzepnięcia *gazotwórczość i przepuszczalność formy* odgrywa taką samą rolę jak podczas zalewania. W miarę upływu czasu temperatura formy podnosi się i może nastąpić nadtopienie ziaren osnowy piaskowej i silne przywarcie do powierzchni odlewu. Aby temu zapobiec należy dobierać taki skład jakościowy masy formierskiej aby uzyskać jej ognioodporność wyższą od warunków termicznych panujących w formie. O ognioodporności formy decyduje również rodzaj atmosfery jaka panuje w formie. W przypadku form nie utwardzonych (wilgotnych), zgazowywanie pyłu węglowego znajdującego się w masie powoduje wydzielanie się gazów o charakterze redukcyjnym hamującym utlenianie metalu na powierzchni odlewu i sprzyjającym dodatkowo wydzielaniu się węgla błyszczącego. Atmosfera redukująca i węgiel błyszczący są czynnikami decydującymi o jakości powierzchni odlewów głównie żeliwnych. Metal podczas krzepnięcia i stygnięcia ulega skurczowi najczęściej hamowanemu, w związku z powyższym powstają naprężenia w odlewie.

Mogą one powodować pęknięcia odlewów na gorąco lub pozostać jako naprężenia wewnętrzne i być przyczyną deformacji odlewu lub pęknięcia na zimno.

Zmniejszenie wielkości naprężeń można uzyskać przez dobór składników mas łatwo wypalających się oraz odpowiednio niskie zagęszczenie formy, sprzyjające zwiększeniu podatności formy. Formy wykonywane z mas zawierających składniki ulegające destrukcji podczas krzepnięcia i stygnięcia odlewu umożliwiają odkształcenie się form pod działaniem sił skurczu metalu i zabezpieczają odlew przed pękaniem. Czynnikiem zmniejszającym podatność form jest stopień zagęszczenia, im forma posiada większą gęstość pozorną tym jej podatność jest mniejsza i przyczyniająca się do powstawania pęknięć odlewów.

* **wybijanie odlewów**, przedstawiono jako ostatnią fazę wykonywania odlewów, gdyż ich właściwości jeszcze zależą od jakości form. O jakości odlewów w tej fazie procesu, jakość formy opisana przez wybijalność i wytrzymałość końcową formy, oraz od momentu w którym wybijanie nastąpiło. Zbyt wczesne wybijanie odlewów jeszcze nie w pełni zakrzepniętych, może stać się przyczyną deformacji lub pęknięcia odlewu. Trudno wybijane formy a szczególnie rdzenie mogą być przyczyną degradacji odlewów, ponad to podrażają koszty wybijania. Poprawę wybijalności form osiąga się przez wprowadzenie do mas materiałów zluźniających formę przez ich wypalenie się lub przez zmniejszenie ilości spoiwa i stopnia zagęszczenia formy.

3. Podsumowanie.

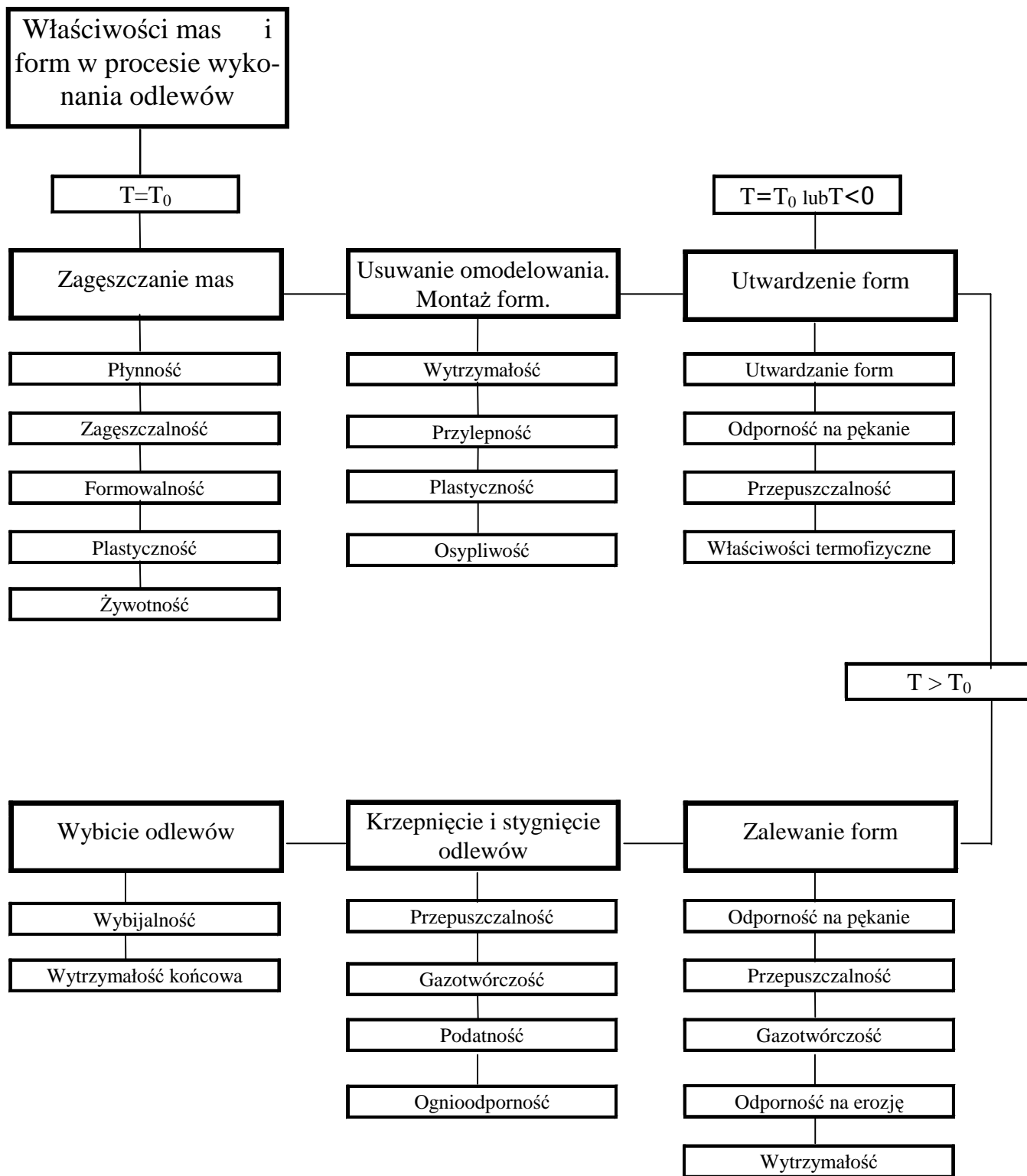
Z przeprowadzonej analizy wynika, że jakość odlewów zależy od całego łańcucha zjawisk powstających przy realizacji procesu technologicznego. Zależy nie tylko od jakości masy formierskiej a przede wszystkim od jakości formy wykonanej z tej masy. Wpływ jakości formowania na jakość odlewów jest trudny do określenia, wynika to z faktu, że sposób formowania dobiera się w zależności od właściwości mas jakie stosujemy na dane formy i odlewy otrzymywane z tych form. Inny sposób formowania będzie dla mas glinowych, a inny dla mas z spoiwami ciekłymi. Dobiera się taki sposób formowania (zagęszczania) aby uzyskać odpowiednią gęstość, twardość i wytrzymałość formy. Jedynie rozkład gęstości na wysokości formy, jest zależny od sposobu formowania. Wstrząsanie, zagęszczanie impulsowe, wstrzeliwanie, wdmuchiwanie dają największą gęstość formy od strony wnęki, natomiast przy prasowaniu formy od góry, daje rozkład gęstości pozornej odwrotny od omawianego. Ze względu na jakość powierzchni, i dotrzymanie wymiarów odlewów, wytrzymałość postaciowa i powierzchniowa form, stosowanie metod formowania dających wysoka gęstość pozornej wnęki jest polecane.

Ogólnie jakość formy zależy nie tylko od jakości masy i sposobu formowania, ale również od sposobu i parametrów utwardzania, oraz od umiejętnego składania i montażu formy. Należy pamiętać, że jakość powierzchni formy zależy od zabiegów kształtowania jej właściwości, odpowiednie zagęszczenie, twardość, naniesienie powłoki ochronnej przyczyni się do poprawy jakości powierzchni odlewu. O jakości formy i jej powierzchni decyduje również jakość konstrukcji i wykonania omodelowania.

Drugim zespołem czynników decydujących o jakości odlewów zależą od jakości metalu jak: parametry zalewania, krzepnięcia i stygnięcia odlewu Parametry zalewania są zależne od doboru układu wlewowego i właściwości lejnych metalu. W tej fazie procesu odporność na erozję i na pęknięcie form decyduje o dalszej jakości odlewu. O jakości odlewów w czasie stygnięcia decydują parametry formy jak: ognioodporność i podatność. Przedstawione parametry wpływu jakości formy na jakość odlewu dotyczą opisu jakościowego a nie ilościowego. Omawiane parametry pod względem ilościowym, można próbować przedstawić tylko dla konkretnego odlewu.

W literaturze fachowej odczuwa się duży brak danych o uogólnionych parametrach zabezpieczających jakość formy w danej fazie wykonania. Jeszcze mniej jest danych o wzajemnych wpływach parametrów formy i ciekłego metalu na jakość odlewów.

Wynika to z bardzo złożonych relacji pomiędzy tymi parametrami. Ich wielkości i relacje są ustalane doświadczalnie niemal dla każdego odlewu osobno. Czyni to, odlewnictwo zawodem trudnym, a doświadczenie zawodowe odgrywa i będzie odgrywało bardzo ważną rolę przy produkcji odlewów wysokiej jakości.



Rys. 1. Dominujące własności mas i form decydujących o jakości odlewów.

*inż. Waldemar Bojanowski
Bernard Maj
„TECHNICAL” – Nowa Sól*

STEROWANIE STACJI PRZEROBU MAS FORMIERSKICH I INNYCH LINII TECHNOLOGICZNYCH W ODLEWNICTWIE

1. Wstęp.

Podstawowym zadaniem postępu technicznego w przemyśle jest zwiększenie i polepszenie jakości produkcji przy równoczesnym zmniejszeniu materiałochłonności i zużycia energii. Zwiększenie produkcji musi odbywać się przy możliwie maksymalnym wzroście wydajności pracy i możliwie minimalnych nakładach inwestycyjnych.

Rozwój odlewnictwa spowodowany wzrostem zapotrzebowania na odlewy w różnych gałęziach przemysłu wymaga opracowywania nowych gatunków materiałów odlewniczych, wdrażania nowoczesnych technologii przygotowania mas formierskich, wytwarzania form i rdzeni oraz oczyszczania powierzchni odlewów.

Zastosowanie nowoczesnych maszyn i urządzeń w przemyśle odlewniczym wymaga zastosowania nowoczesnych i niezawodnych metod sterowania tymi urządzeniami.

Firma TECHNICAL dąży do tego, aby produkowane maszyny i urządzenia dla przemysłu odlewniczego były odzwierciedleniem najnowszych osiągnięć w technice. Systemy sterowania stosowane w maszynach i urządzeniach oraz liniach technologicznych produkowanych 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.

2. Charakterystyka systemów sterowania.

2.1. Systemy przekaźnikowe.

Stosowane przez wiele lat do automatyzacji procesów przemysłowych stałoprogramowe lub programowane układy sterowania realizowane w technice stykowo-przekaźnikowej, pneumatycznej lub elektronicznej budowano z myślą o konkretnych, najczęściej jednostkowych zastosowaniach. Każdorazowa modyfikacja algorytmu sterowania, wynikająca ze zmian funkcji technologicznych maszyny pociągała za sobą konieczność realizacji następujących czynności:

- wymiany części podzespołów i zmiany połączeń,
- uruchamiania i testowania poprawności działania zmodyfikowanego układu, często z wykorzystaniem specjalistycznych urządzeń testujących,
- opracowania i weryfikacji dokumentacji technicznej.

W większości przypadków koszt realizacji wymienionych czynności osiągał znaczną wartość, porównywalną z kosztem budowy nowego układu sterowania.

Należy również zwrócić uwagę na problem jednoznacznej specyfikacji przebiegu sterowania przed etapem projektowania, względnie przed konstrukcją układu sterowania. Zwykle trudno jest go rozwiązać na etapie projektowania ze względu na to, że niektóre funkcje mogą być określone empirycznie dopiero podczas uruchamiania maszyny lub linii technologicznej.

2.2. Systemy mikroprocesorowe.

Zastosowanie mikroprocesorów spowodowało radykalne zmiany w budowie systemów sterowania procesami przemysłowymi. Również w odlewnictwie od wielu lat zaczęto wprowadzać do układów sterowania programowalne regulatory - sterowniki oraz elementy wizualizacji dla przedstawienia przebiegów procesów.

System sterowania powinien 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.

2.2.1. Struktura mikroprocesorowych systemów sterowania.

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:

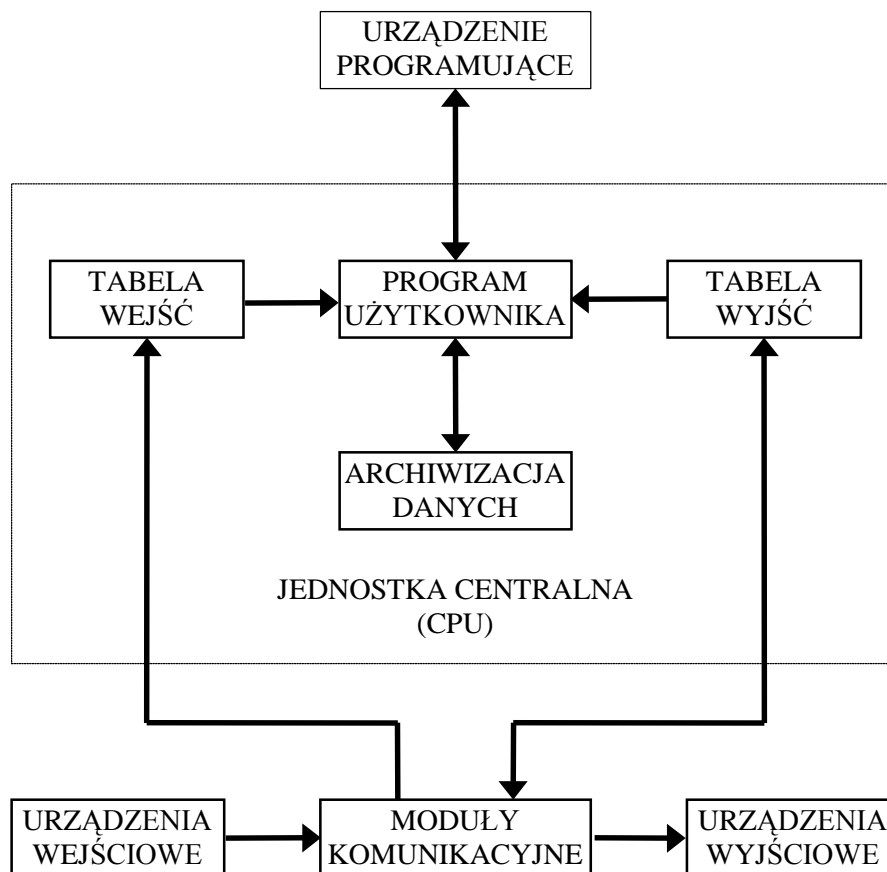
- przyjmują z obiektu analogowe i binarne sygnały pomiarowe,
- realizują przetwarzanie sygnałów wejściowych wg zadanych algorytmów,
- wprowadzają sygnały sterujące z systemu do urządzeń.

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

Firma 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.



Rys. 1. Podstawowe bloki funkcyjne 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 na sieć lokalną. Stacje mogą być wyposażane w specjalizowaną klawiaturę operatorską.

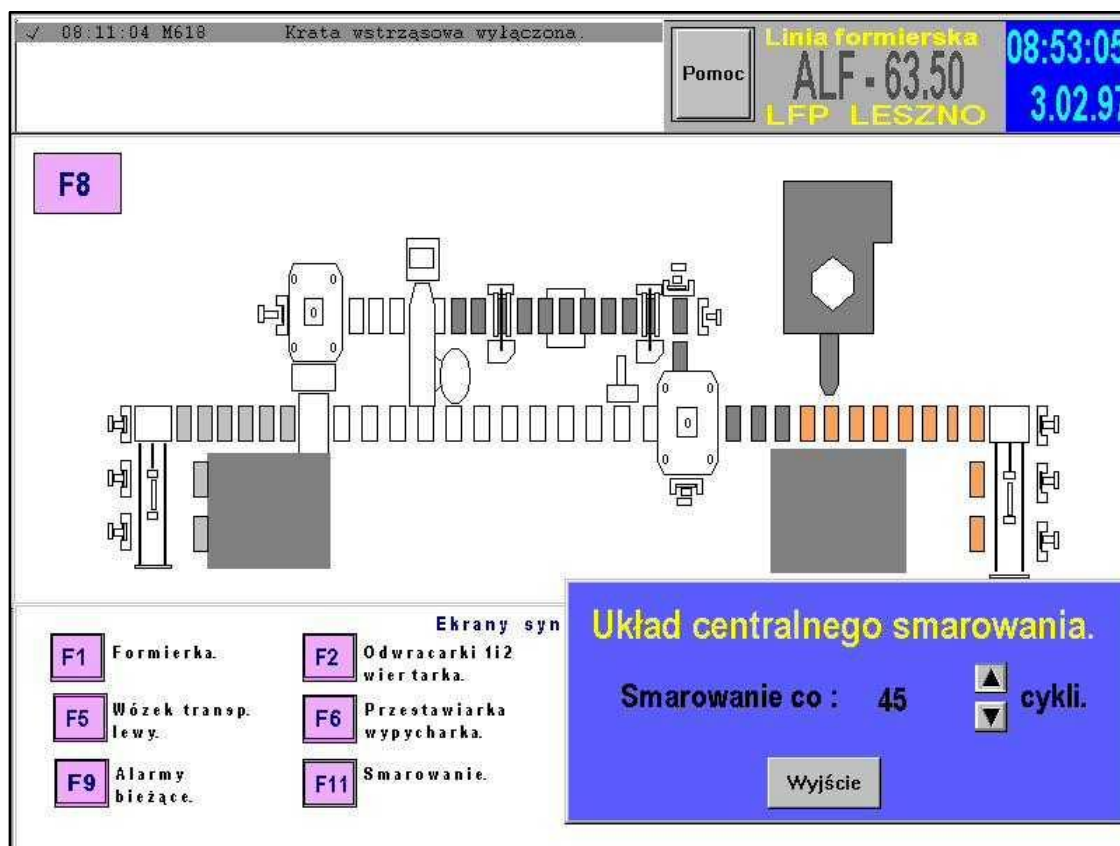
W system taki firma TECHNICAL przy współpracy z firmą AB MICRO z Gliwic wyposażała między innymi:

- automatyczną linię formierską ALF-63.50 w odlewni „LFP”- Lesznie,
- stację przerobu mas formierskich SPM-15 w odlewni „CELMA” - Cieszyn,
- stację przerobu mas formierskich SPM-30 w odlewni „PIOMA” - Piotrków Trybunalski,
- gniazdo suszenia piasku GSP-5 w odlewni „POWEN” –Zabrze.

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 sterownia produkcją.

2.2.2. 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. Jeden z ekranów systemu wizualizacji linii formierskiej ALF-63.50. „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.

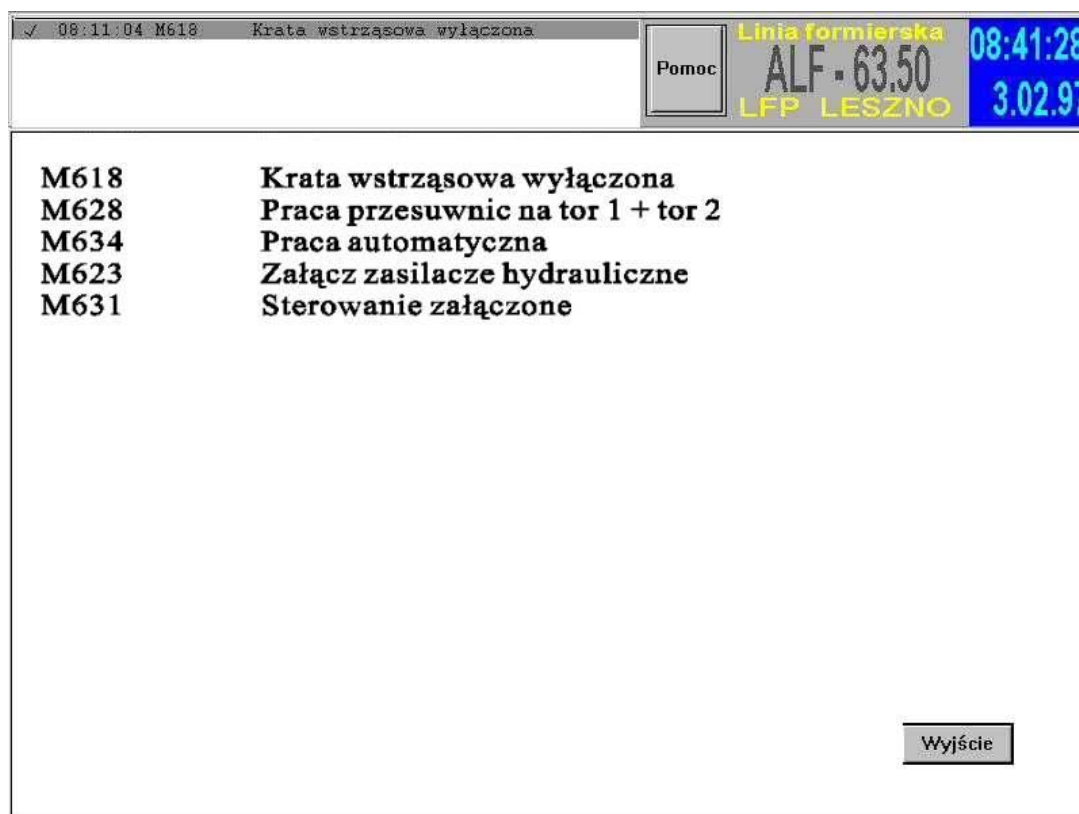
Wszystkie zdarzenia mogą być archiwizowane i poddawane obróbce matematycznej w zależności od potrzeb, np. statystycznie dla celów analiz niezawodnościowych bądź ich oceny szczególnie w systemach zapewniania jakości.

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).

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 został zastosowany przez TECHNICAL w formierce prasująco - impulsowej FT-65.



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

3. System sterowania formierki prasująco impulsowej FT-65.

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.

3.1. Sterowanie układu zasilania hydraulicznego maszyny.

W układzie zasilania hydraulicznego formierki FT-65 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. Skok mechanizmu wynikający m. in. z wysokości skrzynki formierskiej wynosi 300 mm.

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 na małej prędkości 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 uzyskujemy bardzo precyzyjne oddzielenie formy od modelu i jednocześnie krótki czas potrzebny na wykonanie pełnego skoku.

3.2. 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.

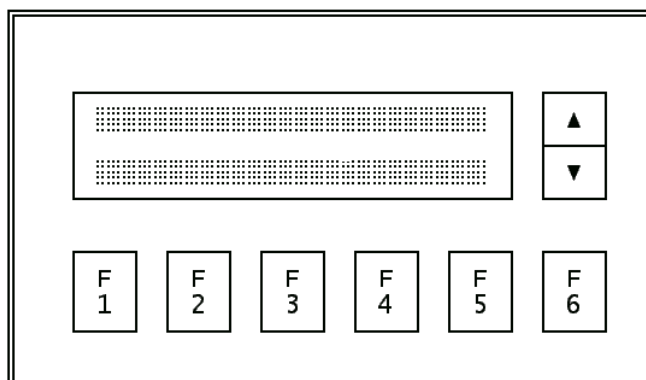
Wszystkie razem są analizowane i odpowiednio obrabiane przez procesor (CPU) zgodnie z logiką programu sterowania. Wynikiem jego działania są odpowiednie sygnały uruchamiające obwody wyjściowe sterowania (cewki styczników, zaworów, elementy sygnalizacji).

Układ sterowania zapewnia operatorowi pełną kontrolę nad pracą formierki FT-65. Elementy manualne (przyciski, łączniki) usytuowane na pulpicie operatorskim umożliwiają wybór trybu

pracy maszyny (automatyczny / ręczny), ręczne sterowanie pracą całej formierki FT-65, 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)

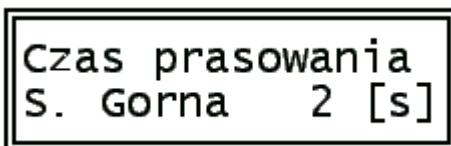


Rys. 4. Panel operatorski zainstalowany na pulpicie operatorskim formierki FT-65.

Jest to wyświetlacz tekstowy z klawiaturą, za pomocą której operator ma możliwość dokonywania nastaw odpowiednich parametrów procesu:



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.

4. 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.