ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1966

Seria: MECHANIKA z. 26 Nr kol. 160

ADAM GIEREK
Katedra Odlewnictwa

DOBÓR AUTOMATYCZNYCH MASZYN FORMIERSKICH

Streszczenie: Podano wyniki analizy metod zagęszczania mas formierskich z punktu widzenia wydajności maszyn formierskich, jakości form i zużycia energii oraz analizę istniejących metod klasyfikacji maszyn roboczych. Za podstawę analizy klasyfikacji maszyn roboczych przyjęto ich organizację wewnętrzną, zależną od sposobu agregatowania[x]. Podano tendencje rozwoju typów automatycznych maszyn formierskich oraz optymalne warianty agregatowania wielopozycyjnych automatycznych maszyn formierskich. Przeanalizowano celowość stosowania różnych typów automatycznych maszyn formierskich w automatycznych liniach odlewniczych w zależności od planowanej wydajności oraz ilości potoków w linii.

1. Wstęp

W zależności od sposobu sterowania poszczególnymi operacjami na maszynach formierskich można je podzielić na:

a) maszyny niezautomatyzowane, w których robotnik ręcznie włącza kolejno lub jednocześnie mechanizmy wykonujące oddzielne operacje procesu technologicznego wytwarzania form;

b) półautomaty formierskie, w których cykl operacji potrzebnych do wykonania jednej formy jest w pełni automatyczny, zaś same czynności ustawiania skrzynek i zdejmowania półówek form są wykonywane ręcznie;

c) automatyczne maszyny formierskie, w których zarówno sam cykl wykonywania form y jest automatyczny, jak również

---

[x] W polskiej terminologii technicznej rzadko stosowane słowo "agregatowanie" pozwala zastąpić wielowyrazowe określenie "łączenie w zespoły".

w sposób automatyczny włączane i wyłączane są mechanizmy wykonujące pomocnicze operacje ustawiania pustych skrzynek oraz zdejmowania z maszyny gotowych wyrobów, tj. połówek form odlewniczych.

2. Metody zagęszczania masy w formach odlewniczych

Zasadniczą operacją technologiczną wykonywania formy jest zagęszczanie masy formierskiej. Istnieje szereg sposobów zagęszczania masy w formach, a mianowicie prasowanie, wstrząsanie, narzucanie, ponadto metoda dmuchowa i grawitacyjna oraz takie kombinacje prostszych sposobów zagęszczania jak metoda wstrząsowo-prasująca, dmuchowo-prasująca i grawitacyjno-prasująca.

Dodatkowym czynnikiem zagęszczającym może być działanie wibracji np. prasowanie z jednoczesną wibracją.

Każda z wyżej wymienionych metod może być podstawą projektowania wysokowydajnych automatycznych maszyn formierskich. Jednakże przy wyborze jednej z tych metod należy kierować się wydajnością maszyny, jakością formy oraz najmniejszym zużyciem energii przy wykonywaniu formy. Ze względu na długość technologicznego czasu formowania najwydajniejsza jest metoda dmuchowa oraz metoda prasowania, zaś najmniej wydajna - metoda wstrząsowa.

Wadą metody dmuchowej oraz metody prasowania jest nierównomierny rozkład stopnia zagęszczania wzdłuż wysokości formy czyli niska jakość wykonywanych form. Połączenie tych dwu metod podwyższa jakość form. Jak wynika ze wzoru (1) [2]:

$$\delta_{max} - \delta_{min} = \delta_{max} - \delta_o \cdot k \qquad (1)$$

gdzie:

$\delta_o, \delta_{max}, \delta_{min}$ - oznaczają odpowiednio: początkowy, maksymalny i minimalny stopień zagęszczenia masy w formie,

k - stosunek wysokości modelu do wysokości skrzynki.

Wraz ze wzrostem początkowego stopnia zagęszczenia masy maleje nierównomierność stopnia zagęszczenia wzdłuż wysokości formy.

Ażeby obniżyć zużycie powietrza przy wstępnym zagęszczeniu metodą dmuchową należy zmniejszyć ciśnienie robocze w urządzeniu dmuchowym.

Wszystko to o czym była mowa wyżej, skłania nas do uznania kombinacji metody dmuchowej przy pracy pod zaniżonym ciśnieniem z następnym podprasowaniem za najbardziej perspektywiczny sposób wykonywania form odlewniczych małych i średnich gabarytów.

Jednakże dokładniejsza ocena przydatności metod zagęszczania dla celów automatyzacji wymaga szczegółowej analizy techniczno-ekonomicznej.

3. Analiza istniejących metod klasyfikacji maszyn technologicznych i tendencje rozwoju typów automatycznych maszyn formierskich

Ważnym zagadnieniem związanym z wydajnością maszyn formierskich jest sprawa ich agregatowania, od czego z kolei zależy ich wydajność. Celem automatyzacji maszyn formierskich, oprócz zmniejszenia wysiłku fizycznego robotnika jest także podwyższenie ich wydajności.

W przemyśle maszynowym analiza tego typu prowadzona była najpierw dla obrabiarek przez G.A. Szaumiana i D.W. Czarnkę, F.S. Diemianiuka i in. [1]. W zastosowaniu do maszyn odlewniczych podobne analizy były przeprowadzone przez M.W. Czunajewa [3] oraz O.A. Bielikowa [4].

Analizę sposobów agregatowania maszyn roboczych przeprowadził P.N. Aksjonow [1] wykazując, że najwydajniejszymi typami maszyn są maszyny wielopozycyjne oraz maszyny wielooperacyjne (wielonarzędziowe), które w związku z tym powinny służyć za podstawę do automatyzacji. Niezautomatyzowane maszyny wielopozycyjne, jako samodzielne maszyny agregatowe nie mogą istnieć i rozpadają się na szereg elementarnych maszyn.

W zakresie maszyn formierskich należy zaznaczyć, że zbudowanie takich maszyn typu wielooperacyjnego (wielonarzędziowego) jest niemożliwe. Najwydajniejszymi maszynami formierskimi z automatycznym cyklem są więc wielopozycyjne maszyny, wydajność których zależna jest od czasu limitującego, tj. maksymalnej sumy przejść roboczych i jałowych na jednej z pozycji maszyny oraz czasu transportu wyrobu z pozycji na pozycję

$$t_{jed} = \max \sum_{i=1}^{n} tr_i + \sum_{i=1}^{n} t_j + t_{tr}, \qquad (2)$$

gdzie:

t_{jed} – czas jednostkowy maszyny;

$\sum_{n=1}^{n} tr_i$ – czas sumy przejść roboczych na jednej z pozycji maszyny;

$\sum_{n=1}^{n} t_j$ – suma czasów przejść jałowych maszyny na danej pozycji;

t_{tr} – czas transportu wyrobów z pozycji na pozycję.

Teoretycznie istnieje możliwość zbudowania wielopozycyjnych maszyn formierskich z nieprzerwanym ruchem środka transportowego. Wydajność takich maszyn byłaby jeszcze wyższa w związku z koncentracją przejść roboczych i jałowych narzędzia w czasie z ruchem karuzeli. Maszyny formierskie tego typu są jednak trudne do wykonania w związku z koniecznością szybkiego powrotu narzędzia (płyty prasującej, stołu wstrząsowego itp.) do pozycji wyjściowej.

Wielopozycyjne automatyczne maszyny formierskie z parzystą ilością pozycji służyć mogą do jednoczesnego wykonania górnych i dolnych połówek formy i zastępują wtedy dwie maszyny formierskie. Rozwój wielopozycyjnych automatycznych maszyn formierskich idzie w kierunku zastosowania transportu typu liniowego zamiast karuzelowego, w związku z mniejszymi gabarytami maszyn typu liniowego.

Inna tendencja w rozwoju automatycznych maszyn formierskich polega na wprowadzaniu maszyn typu czółenkowego ze względu na lepsze wykorzystanie mechanizmów maszyn [4].

4. Warianty agregatowania wielopozycyjnych automatycznych maszyn formierskich

Stwierdziliśmy wyżej, że wielopozycyjne automaty formierskie posiadają największą wydajność. Na podstawie danych własnych o pracy automatów formierskich automatycznej linii odlewniczej z Fabryki Maszyn Rolniczych w Rostowie (ZSRR), z Fabryki "Kirowskij Zawod" w Leningradzie (ZSRR), Fabryki Silników Elektrycznych w miejscowości Všecin (CSRS), firmy Künkel -Wagner oraz na podstawie danych z literatury [4, 5, 6] zestawiono czasy poszczególnych przejść roboczych i jałowych (tablica 1). Tylko dla konkretnych wartości tych czasów można szukać optymalnego sposobu agregatowania maszyn formierskich, co jest związane przede wszystkim z wyborem optymalnej ilości pozycji maszyn.

Na podstawie przyjętych czasów technologicznych i pomocniczych operacji elementarnych, najbardziej charakterystycznych dla automatycznych maszyn formierskich, można obliczyć czasy jednostkowe maszyn formierskich o różnym sposobie zagęszczenia form przy jednej pozycji roboczej, tzn. dla jednopozycyjnych maszyn oraz przy większej ilości pozycji roboczych tzn. dla maszyn wielopozycyjnych.

W tablicy 2 przedstawiona jest analiza czasów jednostkowych jednopozycyjnych maszyn formierskich o różnym sposobie zagęszczenia. W nawiasy ujęto takie wyrażenia, które można pominąć w pewnych rozwiązaniach.

Na podstawie danych z tablic 1 i 2 można obliczyć czasy jednostkowe jednopozycyjnych maszyn formierskich dla różnych rodzajów zagęszczenia. Czasy te oczywiście mają znaczenie tylko przy porównaniu różnych typów automatycznych maszyn formierskich.

Tablica 1

Czasy poszczególnych operacji elementarnych wykonywanych na automatach formierskich

Lp.	Operacja elementarna	Czas w sekundach
1	Ustawienie pustych skrzynek na maszynie i ich zamocowanie	$t_u = 2$
2	Odmuchanie płyty modelowej z resztek masy	$t_{odm} = 1$
3	Pokrycie płyty modelowej środkiem zmniejszającym siły tarcia przy oddzielaniu płyty od formy	$t_{pok.} = 1$
4	Zasyp masy formierskiej z dozownika do skrzynki łącznie z przejściami roboczymi elementów dozwonika	$t_{doz.} = 2$
5	Doprowadzenie organów roboczych do skrzynki formierskiej (głowicy dmuchowej, płyty prasującej)	$t_{dop.} = 2$
6	Prasowanie	$t_{pr} = 4$
7	Zagęszczanie wstrząsowe, jeśli po nim nie stosuje się już doprasowania	$t_w = 8$
8	Zagęszczanie wstrząsowe, jeśli się następnie formę doprasowuje	$t_{w.pr} = 4$
9	Doprasowanie	$t_{pr} = 4$
10	Nadmuchiwanie	$t_{dm} = 1$
11	Odprowadzanie organów roboczych od skrzynki formierskiej (głowicy dmuchowej, płyty prasującej)	$t_{odp} = 2$
12	Oddzielanie formy od płyty modelowej	$t_{oddz.} = 3$
13	Zdjęcia gotowych połówek form z maszyny	$t_z = 2$
14	Transport wyrobów z pozycji na pozycję	$t_{tr} = 4$

Tablica 2

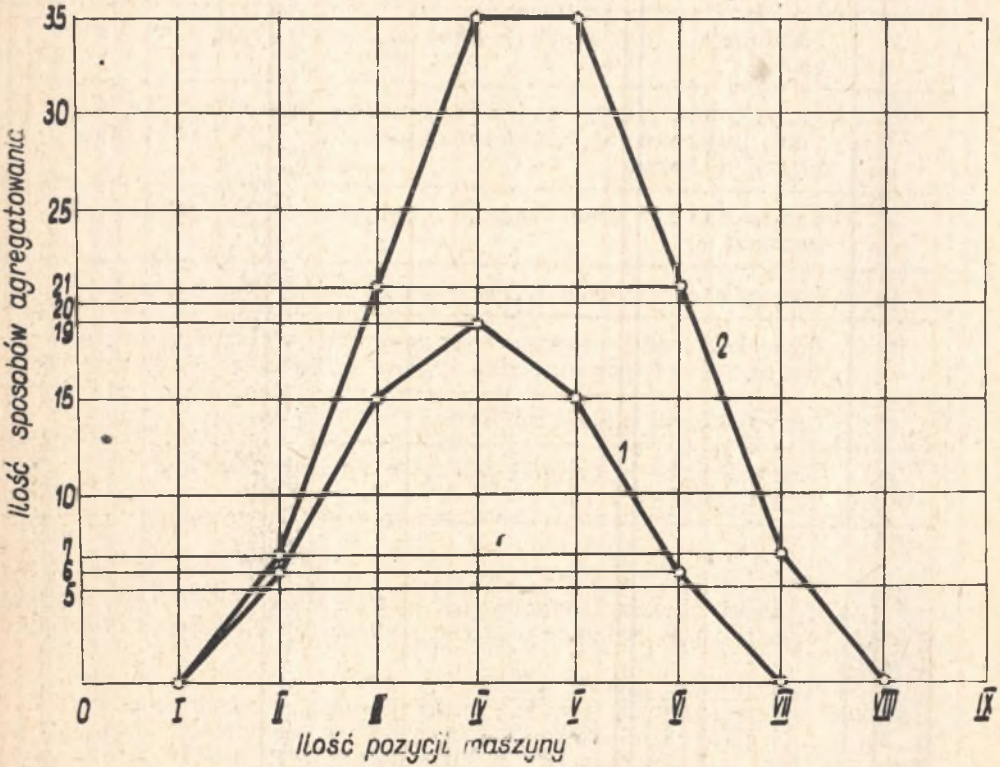
Analiza czasu jednostkowego jednopozycyjnych maszyn formierskich

Lp.	Grupy operacji elementarnych:	Jednopozycyjne maszyny formierskie:				
		prasowanie	wstrząsanie	dmuchanie	wstrząsanie z doprasowaniem	dmuchanie z doprasowaniem
1	Dozowanie i zasyp masy do skrzynki, szereg operacji zagęszczenia i oddzielenia płyty modelowej od formy $\Sigma t_o = f(t_{doz}, t_{zagęsz}, t_{oddz})$	$\Sigma t_o = t_{doz} + t_{zagęsz} + t_{oddz}$	$\Sigma t_o = (t_{doz}) + t_{zagęsz} + t_{oddz}$	$\Sigma t_o = t_{zagęsz} + t_{oddz}$	$\Sigma t_o = (t_{doz}) + t_{zagęsz_1} + t_{zagęsz_2} + t_{oddz}$	$\Sigma t_o = t_{zagęsz_1} + t_{zagęsz_2} + t_{oddz}$
2	Ustawienie i mocowanie skrzynek na płycie modelowej oraz jej pokrycie środkiem oddzielającym $\Sigma t_b = f(t_u, t_{odm}, t_{pok})$	$\Sigma t_b = t_u + t_{odm} + t_{pok}$	$\Sigma t_b = t_u + t_{odm} + t_{pok}$	$\Sigma t_b = t_u + t_{odm} + t_{pok}$	$\Sigma t_b = t_u + t_{odm} + t_{pok}$	$\Sigma t_b = t_u + t_{odm} + t_{pok}$
3	Doprowadzenie i odprowadzenie organów roboczych $\Sigma t_m = f(t_{dop}, t_{odp})$	$\Sigma t_m = t_{dop} + t_{odp}$	$\Sigma t_m = 0$	$\Sigma t_m = t_{dop} + t_{odp}$	$\Sigma t_m = t_{dop} + t_{odp}$	$\Sigma t_m = t_{dop} + t_{odp} + (t_{dop} + t_{odp})$
4	suma: $t_{jed} = f(\Sigma t_o, \Sigma t_b, \Sigma t_m)$ $t_{jed} = \Sigma t_o + \Sigma t_b + \Sigma t_m$	$t_{jed} = t_{doz} + t_{zagęsz} + t_{oddz} + t_u + t_{odm} + t_{pok} + t_{dop} + t_{odp}$	$t_{jed} = (t_{doz}) + t_{zagęsz} + t_{oddz} + t_u + t_{odm} + t_{pok}$	$t_{jed} = t_{zagęsz} + t_{oddz} + t_u + t_{odm} + t_{pok} + t_{dop} + t_{odp}$	$t_{jed} = (t_{doz}) + t_{zagęsz_1} + t_{zagęsz_2} + t_{oddz} + t_u + t_{odm} + t_{pok} + t_{dop} + t_{odp}$	$t_{jed} = t_{zagęsz_1} + t_{zagęsz_2} + t_{oddz} + t_u + t_{odm} + t_{pok} + t_{dop_1} + t_{odp_1} + (t_{dop_2} + t_{odp_2})$

Tak więc dla maszyn jednopozycyjnych:

- prasujących t_{jed} = 17 sek,
- wstrząsowych t_{jed} = 15÷17 sek,
- dmuchowych t_{jed} = 12 sek,
- wstrząsowo-prasujących t_{jed} = 19÷21 sek,
- dmuchowo-prasujących t_{jed} = 16÷20 sek.

Przy analizie czasu jednostkowego maszyn wielopozycyjnych należy rozważyć, jaka ilość operacji elementarnych jest konieczna do zagęszczenia oraz jaka jest kolejność ich wykonywania. W tablicy 3 zestawiono podstawowe operacje formowania przy zagęszczaniu prasowaniem, wstrząsaniem oraz nadmuchiwaniem. Numeracja kolejnych operacji przedstawionych w tej tablicy będzie następnie wykorzystana przez nas przy rozpatrywaniu wariantów rozdziału oddzielnych elementarnych operacji na pozycjach 2, 3, 4, 5, 6 i 7-pozycyjnych maszyn. Liczba pozycji 7 równa ilości wszystkich operacji na maszynach formierskich



Rys. 1. Ilość wariantów agregatowania wielopozycyjnych maszyn formierskich

1 - maszyny bez kombinowanego zagęszczenia; 2 - maszyny z kombinowanym zagęszczeniem

bez kombinacji sposobów zagęszczania jest liczbą maksymalną. Wyjątkiem są tu maszyny dmuchowe, w których maksymalna ilość pozycji wynosi 6, albowiem elementarna operacja 4 łączy się w czasie z elementarną operacją 5. W maszynach formierskich z kombinowanym zagęszczeniem tj. wstrząsowo-prasujących i dmuchowo-prasujących ilość operacji wynosi nie 7 lecz 8. Numerem 6 będziemy wtedy oznaczali ostateczne zagęszczenie masy wraz z przejściami jałowymi, 7 - oddzielanie płyty modelowej od formy, oraz 8 - zdejmowanie gotowych połówek form z maszyny. Oczywiście ilość wariantów agregatowania tych maszyn będzie odpowiednio większa (rys. 1).

Tablica 3

Podstawowe operacje formowania bez kombinowanego sposobu zagęszczenia i ich kolejność przy wykonywaniu procesu technologicznego

	Operacja
1	Odmuchanie płyty modelowej z resztek masy formierskiej
2	Opryskanie płyty modelowej naftą lub pokrycie jej inną substancją zmniejszającą siły spójności między płytą a formą
3	Ustawienie i zamocowanie skrzynki formierskiej na maszynie
4	Dozowanie i zasyp masy formierskiej do skrzynki
5	Doprowadzenie organu roboczego do skrzynki, zagęszczenie i odprowadzenie organu roboczego do skrzynki
6	Oddzielanie płyty modelowej od formy
7	Zdejmowanie gotowych połówek form z maszyny formierskiej

Dla przykładu w tablicy 4 podano sposoby agregatowania trójpozycyjnych maszyn formierskich bez kombinowanego zagęszczenia (oznaczenia poszczególnych operacji elementarnych jak w tablicy 3).

W sposób podobny jak w tablicy 4 można ułożyć tablice wariantów agregatowania automatycznych maszyn formierskich z 2, 4, 5, 6 i 7 pozycjami oraz 8 pozycjami w przypadku maszyn z kombinowanym zagęszczeniem. W tak uzyskanych tablicach w miejsce oznaczeń cyfrowych poszczególnych operacji można podstawić konkretne czasy, przyjęte przez nas wcześniej (tablica 1) oraz wybrać dla każdej ilości pozycji maszyny najmniejsze czasy jednostkowe, odpowiadające optymalnym wariantom agregatowania maszyn.

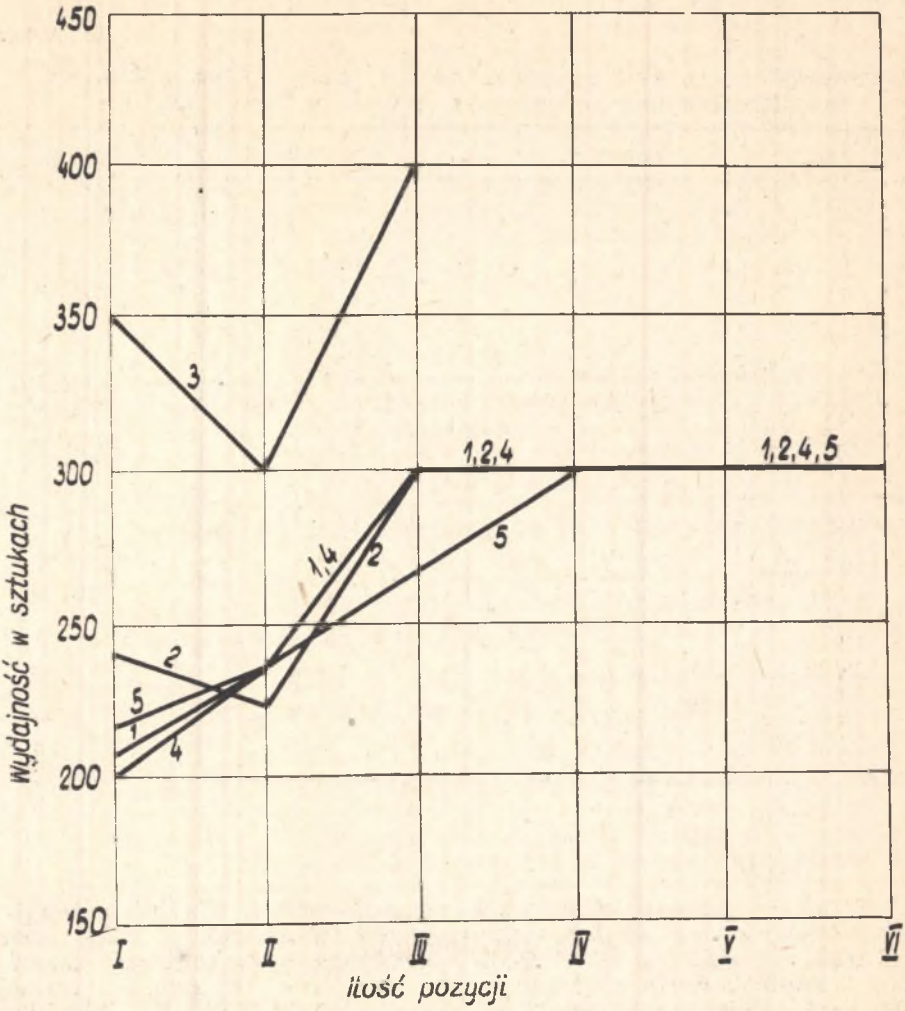
Tablica 4

Warianty rozdziału operacji na trójpozycyjnym automacie formierskim bez kombinacji sposobów zagęszczenia

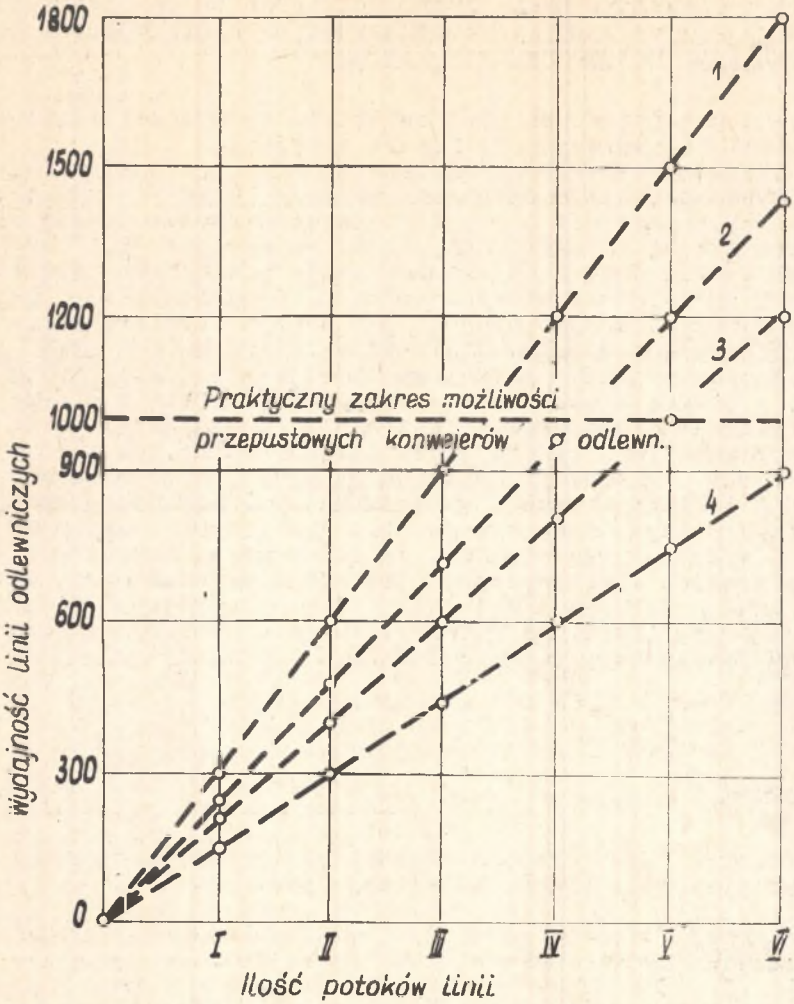
Wariant	Pozycja I	Pozycja II	Pozycja III
1	1	2	3 4 5 6 7
2	1	2 3	4 5 6 7
3	1	2 3 4	5 6 7
4	1	2 3 4 5	6 7
5	1	2 3 4 5 6	7
6	1 2	3	4 5 6 7
7	1 2	3 4	5 6 7
8	1 2	3 4 5	6 7
9	1 2	3 4 5 6	7
10	1 2 3	4	5 6 7
11	1 2 3	4 5	6 7
12	1 2 3	4 5 6	7
13	1 2 3 4	5	6 7
14	1 2 3 4	5 6	7
15	1 2 3 4 5	6	7

Na rys. 2 przedstawiono wykres zależności ilości pozycji maszyn formierskich od ich maksymalnych wydajności, dla czasów podanych w tabl. 1. Z wykresu tego wynika, że maszyny formierskie z kombinowanym zagęszczeniem dmuchowo-prasujące osiągają maksymalną wydajność przy czterech pozycjach oraz przy trzech pozycjach w przypadku wstrząsania z następnym podprasowaniem, a maszyny bez kombinowanego zagęszczenia dla wszystkich sposobów zagęszczania przy trzech pozycjach. Nie zaleca się w wielopozycyjnych maszynach karuzelowych dalszego powiększenia ilości pozycji, gdyż prowadzi to wyłącznie do wzrostu gabarytów maszyny.

Z rys. 2 widzimy ponadto, że przy wzroście pozycji maszyny z jednej do dwóch wydajność spada. Jest to związane z długością czasu transportu wyrobu z jednej pozycji na drugą.



Rys. 2. Wydajność wielopozycyjnych maszyn formierskich:
1 - prasujących; 2 - wstrząsowych; 3 - dmuchowych; 4 - wstrząsowo-prasujących; 5 - dmuchowo-prasujących



Rys. 3. Planowana wydajność linii odlewniczych w zależności od ilości potoków i typu maszyn formierskich

1 - wielopozycyjne maszyny formierskie; 2 - jednopozycyjne dmuchowo-prasujące maszyny formierskie; 3 - jednopozycyjne wstrząsowo-prasujące maszyny formierskie, 4 - wielopozycyjne maszyny formierskie produk. kolejno dolne i górne połówki form

5. Dobór automatycznych maszyn formierskich w zależności od planowanej wydajności automatycznych linii odlewniczych oraz ilości potoków w tych liniach

Na rys. 3 przedstawiona jest zależność wydajności wielopotokowych linii odlewniczych od ilości pozycji.

Proste oznaczone linią przerywaną nie obrazują funkcji ciągłych, lecz posiadają określoną wartość tylko w punktach oznaczonych na wykresie. Prosta 1 określa wzrost wydajności ze wzrostem ilości potoków linii, tzn. ze wzrostem ilości 4-pozycyjnych wstrząsowo- i dmuchowo-prasujących maszyn formierskich. Prosta 2 określa wzrost wydajności ze wzrostem ilości par jednopozycyjnych dmuchowo-prasujących maszyn formierskich. Prosta 3 określa wzrost wydajności linii ze wzrostem w niej ilości par jednopozycyjnych wstrząsowo-prasujących maszyn formierskich, a prosta 4 określa wzrost wydajności linii z 4-pozycyjnymi maszynami formierskimi wstrząsowo-prasującymi oraz dmuchowo-prasującymi, wykonującymi zarówno dolne, jak i górne połówki formy. Zależności pokazane na rys. 3 otrzymano w oparciu o dane z tablicy 1 oraz z wykresu na rys. 2. Podobny sposób doboru typu maszyn można wykorzystać dla innych danych wyjściowych. Z wykresu tego widzimy, że dla pewnych zakresów planowanej wydajności linii wydajność tę można uzyskać przy zastosowaniu maszyn zarówno jedno- jak i wielopozycyjnych, pracujących w jednakowych ilościach potoków. Wówczas wybierzemy oczywiście maszyny jednopozycyjne jako tańsze.

LITERATURA

[1] Aksjonow P.N.: Wybrane zagadnienia z teorii maszyn odlewniczych. Wyd. Śląsk, Katowice, 1965.

[2] Łempicki J.: O nowoczesnej teorii formowania prasującego. Prace Instytutu Odlewnictwa, Nr 2, 1958.

[3] Czunajew M.W.: Kłassifikacja maszin litiejnogo proizwodstwa, Litiejnoje proizwodstwo, Nr 4, 1957.

[4] Bielikow O.A.: Analiz konstrukcii i puti powyszienija proizwoditielnosti formowocznych awtomatow. Litiejnoje proizwodstwo, Nr 5, 1963.

[5] Harald Thiel: Automatisierung des Formprozesses. Sonderdruck aus der Zeitschrift "Giesserei technik" 10 Jg, 1964, H.Z.S. 33-43.

[6] Zielinczienko G.S.: Awtomaticzieskaja linija formowki i wybiwki. Mechanizacija i pieriedowoj opyt litiejnogo proizwodstwa, Lenizdat, 1961.

ПОДБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН

Р е з ю м е

Приведены результаты анализа методов уплотнения формовочных смесей с точки зрения производительности формовочных машин, качества получаемых форм и расхода энергии на производство одной формы. Сделан также анализ существующих методов классификации рабочих машин.

За основу анализа классификации рабочих машин принята их внутренняя организация, которая зависит от метода агрегатирования.

Приведенн тенденции развития типов автоматических формовочных машин и оптимальные варианты агрегатирования многопозиционных автоматических формовочных машин.

Проведён анализ целесообразности применения разных типов автоматических формовочных машин в автоматических литейных линиях в зависимости от планированной производительности и количества потоков в линии.

SELECTION OF AUTOMATIC MOULDING MACHINES

S u m m a r y

In the paper the results of investigations concerning methods of moulding sand concentration, taken from the standpoint of output, quality of the moulds and use of energy, necessary for the production of one mould, have been considered.

An analysis of the existing moulding machines classification has been carried out.

As a basis for the classification of machines was their internal structure taken, depending on the method of assemblage.

The contemporary development lines of automatic moulding machines havebeen given and the optimal versions of the automatic moulding machine assemblage were mentioned.

The suitableness of applying various kinds of automatic moulding machines in the automatic casting line,depending on the planned output und quantity of streams within the line has been analysed.