

Józef Lubecki *

ZASTOSOWANIE KOMPUTERA DO OBLICZANIA
OPTIMALNEGO WSADU METALOWEGO W ZAKŁADZIE ODLEWNICZYM

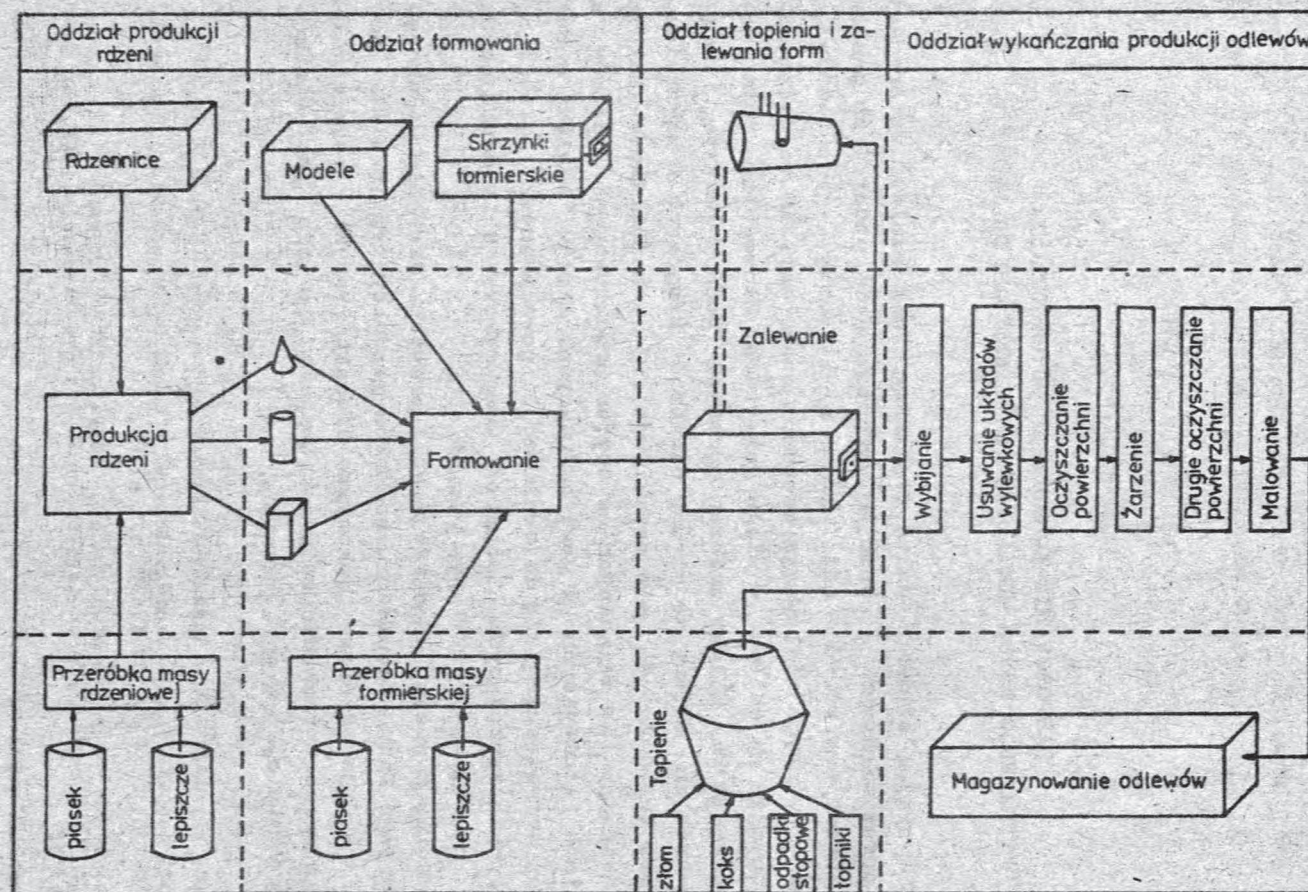
Odlewnictwo stanowi dział technologii materiałów opierający się w coraz większym stopniu na ugruntowanych podstawach naukowych. Intensywny rozwój odlewnictwa spowodowany jest wzrostem wymagań stawianych odlewianym częściom oraz szybkim wzrostem zapotrzebowania na odlewy w wielu gałęziach. Szczególnie duże zapotrzebowanie na odlewy zgłasza przemysł budowy maszyn. Zapotrzebowanie na odlewy ze strony odbiorców krajowych i zagranicznych jest tak duże, że nie przewiduje się w najbliższych latach żadnych trudności związanych ze zbytem produkowanych odlewów, w odlewniach istniejących i nowo budowanych. Z tego względu coraz częściej przystępuje się do realizacji nowoczesnych odlewni w Polsce, wykorzystujących technikę komputerową i produkujących odlewy na wysokim, światowym poziomie.

Przebieg procesu produkcyjnego i przyporządkowanie poszczególnych jego faz odpowiednim komórkom produkcyjnym przedstawiamy na rys. 1¹. Nie będziemy dokonywać charakterystyki poszczególnych faz procesu technologicznego. Uważamy, że nie jest ona konieczna w niniejszym opracowaniu².

* Mgr, st. asystent w Instytucie Ekonomiki Przemysłu Lekkiego UL.

¹ Por. Komputeryzacja w odlewnictwie - prace Ogólnopolskiego Sympozjum Szkoleniowego, Uniejów, 11 X 1975 r., s. 25.

² Zainteresowanych tą problematyką odsyłamy do opracowania: A. G i e r e k, H. S i o d a, Technologiczne podstawy projektowania odlewni, Katowice 1973.



Rys. 1. Schemat procesów odlewniczych

Wśród wielu operacji i procesów jednostkowych składających się na proces odlewniczy, ważną rolę odgrywa właściwe zestawienie wsadu metalowego. Jest to spowodowane tym, że:

- przebieg procesu topienia i przygotowania ciekłego metalu decyduje w głównej mierze o jakości odlewów,
- wkłady na uzyskanie płynnego metalu stanowią znaczną część kosztów własnych odlewów (30 do 40%) i najmniejsze oszczędności w tym zakresie mogą przynieść duże efekty ekonomiczne,
- istnieją ograniczone możliwości korekty składu chemicznego metalu po jego stopieniu,
- obliczenie wsadu jest ważne w sterowaniu procesem topienia.

Problem, którym chcemy się zająć, polega na zaprezentowaniu metody optymalnego obliczania wsadu metalowego w odlewni. W niniejszym opracowaniu ograniczymy się do przedstawienia:

- metody programowania liniowego³,
- metody symulacyjnej.

Obie metody dadzą się stosunkowo łatwo skomputeryzować. Dzięki temu proces obliczania wsadu ulega skróceniu, a otrzymane wyniki pozwalają otrzymać żeliwo o najniższych kosztach i najlepszej jakości. Obliczenia wsadu metodą programowania liniowego dokonuje się przez rozwiązanie układu równań algebraicznych, w których współczynnikami są średnie zawartości poszczególnych pierwiastków w materiałach wsadowych. Sposób ten zdaje dość dobrze egzamin dla małych rozrzutów zawartości pierwiastków w materiałach wsadowych. Jest to jednak przypadek rzadko osiągany w praktyce. Liczne głosy praktyków oraz wnikliwe analizy materiałów wsadowych świadczą, że bardzo często mamy do czynienia ze znacznymi rozrzutami zawartości interesujących nas składników. Rozrzuty te przekraczają niejednokrotnie granice wyznaczone normami lub przyjmowane tradycyjnie. Dlatego wydaje się, że stosowanie metody programowania liniowego nie zawsze musi dać najlepsze rezultaty. Otrzymany tą metodą wynik jest bowiem fałszywy na skutek przyjęcia fałszywego założenia o zawartości interesujących nas pierwiastków. Zastosowanie komputera pozwoli na otrzy-

³ Por. A. Gierek, A. Bylica, M. Zlechower, W. Morzytko, Metoda optymalizacji wsadów metalowych w hutnictwie i odlewnictwie, "Hutnik" 1972, nr 9, s. 455-458; R. Krzeskowski, S. Kluska-Nawarecka, Opracowanie systemu kontroli produkcji odlewów z żeliwa stopowego i jej zastosowanie w wybranych odlewniach, cz. 4, prace Instytutu Odlewnictwa MPC, Kraków 1975.

manie rozwiązania, w którym uwzględnimy fakt rozrzutu pierwiastków. Będzie to metoda symulacji, uwzględniająca probabilistyczne charakterystyki materiałów wsadowych.

Zastosowanie metody programowania liniowego do obliczania wsadu metalowego

Charakterystyka zmiennych modelu

Do zbudowania modelu zadania programowania liniowego na obliczenie wsadu potrzebujemy informacje o:

1) żądanym składzie chemicznym metalu, który chcemy otrzymać w procesie topienia, określonym ilością i zawartością poszczególnych pierwiastków w metalu;

2) składzie chemicznym surowców wsadowych;

3) zgarze (przygarze) pierwiastków podczas topienia.

Powiązanie tych danych w układzie "wsad-piec-odlew" pokazuje rys. 2, gdzie:

$X_1, X_2, \dots$ - procentowe udziały poszczególnych surowców w wsadzie,

$a_{11}, a_{12}, \dots$ - procentowe zawartości poszczególnych pierwiastków w danym surowcu,

$b_1, b_2, \dots$ - procentowe zawartości poszczególnych pierwiastków we wsadzie,

$Z_{a1}, Z_{a2}, \dots$ - zgary metalurgiczne poszczególnych pierwiastków w zadanym żeliwie,

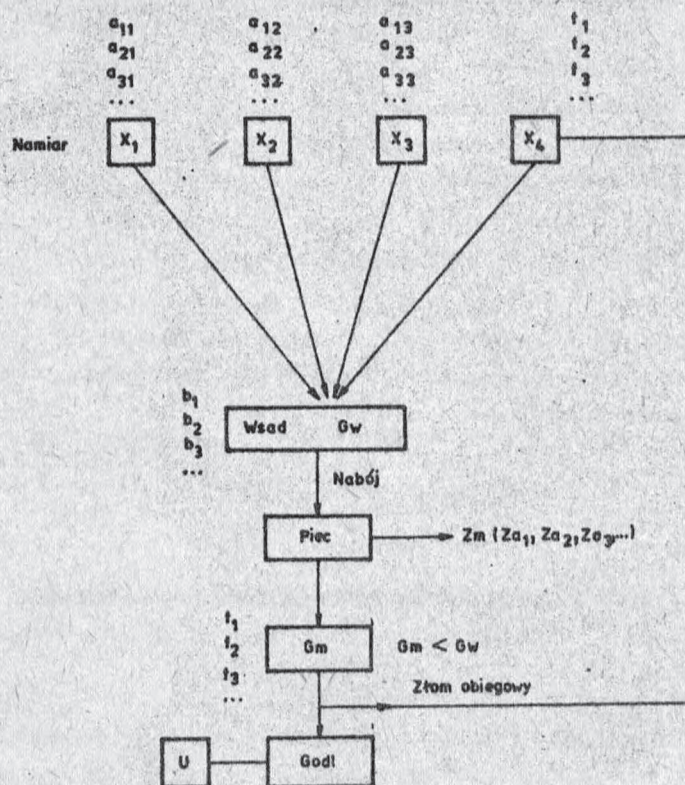
$G_w, G_m, G_{odl.}$ - ciężar surowców metalowych, ciekłego metalu, gotowych odlewów.

$f_1, f_2, \dots$ - procentowe zawartości poszczególnych pierwiastków w zadanym żeliwie.

Ponieważ wyżej posłużyliśmy się kilkoma specyficznymi tylko dla odlewnictwa pojęciami, więc obecnie postaramy się je zdefiniować⁴.

Pod pojęciem surowców rozumiemy: surowki, złomy, żelazostopy itp.

⁴ W. S a k w a, Współczesne metody wytopu żeliwa, Gliwice 1970, s. 161-162, 247.



Rys. 2. Prezentacja zmiennych modelu projektowania wsadu

Wsadem nazywać będziemy ogół surowców głównych przeznaczonych lub niezbędnych do wytworzenia określonej jednostki produkcyjnej.

Nabój jest to porcja surowców wsadowych podlegająca jednorazowemu załadowaniu do pieca.

Namiarem nazywamy ustaloną porcję surowców wsadowych, obliczoną na jednostkę ciężaru (podaje się udział poszczególnych surowców namiaru w procentach).

Pojęciem "skład chemiczny" określamy procentowe zawartości poszczególnych pierwiastków w żeliwie, surowcu, wsadzie.

Ważnym wskaźnikiem odnoszącym się do procesu topienia jest zgar (przygar), który wskazuje wielkość ubytku (uzysku) wsadu metalowego po przejściu przez piec:

$$Z_m = \frac{G_w - G_m}{G_w} \cdot 100\%, \quad (1)$$

Bardzo ważną rolę odgrywa znajomość zgaru poszczególnych pierwiastków w surowcach metalowych po przejściu przez piec. Zgar pierwiastka wyraża się wzorem:

$$Z_{ai} = \frac{b_i - f_i}{b_i} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Przekształcając zależność (2), można przy zadanym f_i (zależnym od rodzaju żeliwa), wyznaczyć zawartość procentową i -tego pierwiastka we wsadzie:

$$b_i = f_i \frac{100}{100 - Z_{ai}}, \quad (3)$$

gdzie:

Z_{ai} - jest doświadczalnie ustalonym zgarem pierwiastka i -tego dla danego pieca.

Ogólny schemat zadania programowania liniowego na optymalizację wsadu piecowego⁵

Nasze rozważania rozpoczniemy od sformułowania warunków ograniczających:

1. Jeśli oznaczymy przez X_j szukaną zawartość j -tego surowca wsadowego ($j = 1, 2, \dots, n$), gdzie n - ilość wykorzystanych materiałów, a przez Q - masę całego wsadu metalowego, to ograniczenie można zapisać w postaci:

$$\begin{aligned} \text{w kg : } & X_1 + X_2 + \dots + X_n = Q, \\ \text{lub w \% : } & X_1 + X_2 + \dots + X_n = 100. \end{aligned} \quad (4)$$

Oznacza to, że suma wszystkich składników wsadu powinna być równa globalnej wielkości wsadu.

2. Najważniejszymi chemicznymi składnikami uwzględnianymi przy budowie modeli programowania liniowego dla wsadu są: węgiel

⁵ Przy budowie zadania programowania liniowego wykorzystano opracowanie, S. I. G a s s, Programowanie liniowe, Warszawa 1973.

C, krzem Si, mangan Mn, fosfor P, siarka S. Zawartość tych pierwiastków w płynnym metalu waha się w określonych przedziałach między górną granicą zawartości i -tego pierwiastka V_i i dolną granicą U_i . Zawartość i -tego pierwiastka chemicznego w ciekłym metalu można określić na podstawie jego zawartości w składnikach wchodzących w skład wsadu. Jeżeli oznaczymy przez a_{ij} zawartość i -tego pierwiastka w j -tym materiale wsadowym, to zawartość i -tego pierwiastka w ciekłym metalu f_i powinna być określona na podstawie wzoru:

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{in} X_n = f_i, \quad (5)$$

W ogólnym przypadku to ograniczenie można zapisać:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = f_i. \quad (6)$$

Ponieważ zawartość i -tego pierwiastka w ciekłym metalu znajduje się w przedziale

$$U_i \leq f_i \leq V_i,$$

wtedy

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq V_i, \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq U_i.$$

Zależności te są liniowe i zabezpieczają wartość i -tego pierwiastka w zadanych przedziałach.

3. Ograniczenia typu (7) ulegną niedużej zmianie, jeśli uwzględnimy zgar (przygar). Jeżeli oznaczymy zgar pierwiastka przez $-z_i$, a przygar przez $+z_i$ to dla każdego pierwiastka należy uwzględnić wielkość zgaru (przygaru) modyfikując (5) do postaci (8).

$$\sum_{j=1}^n (1 \pm z_i) a_{ij} X_j = f_i. \quad (8)$$

Porównując z nierównościami (7) otrzymujemy:

$$\sum_{j=1}^n a_{1j} x_j \leq \frac{v_1}{1+z_1}, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{1j} x_j \geq \frac{u_1}{1+z_1}.$$

Oznacza to, że zawartość 1-tego pierwiastka w ciekłym metalu po uwzględnieniu zgaru (przygaru) określona jest przez nierówności (9).

Ograniczenia (4-9) pozwalają na otrzymanie rozwiązania dopuszczalnego. Aby otrzymać rozwiązanie optymalne musimy wprowadzić kryterium optymalności. Ogólnie kryterium to można zapisać wzorem:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \longrightarrow \min, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

gdzie:

c_j - współczynniki wagowe.

Interpretacja funkcji celu (10) może być różnorodna w zależności od charakteru współczynników c_j . Jeśli współczynniki te reprezentują ceny poszczególnych surowców, wówczas rozwiązanie uzyskuje się ze względu na minimalny koszt wsadu. Można jednak traktować c_j jako pewne parametry charakteryzujące fizyczne (np. właściwości złomu stalowego) lub chemiczne właściwości materiałów wsadowych. Wtedy otrzymane rozwiązanie będzie określać wsad o najlepszych (w określonym sensie) właściwościach⁶.

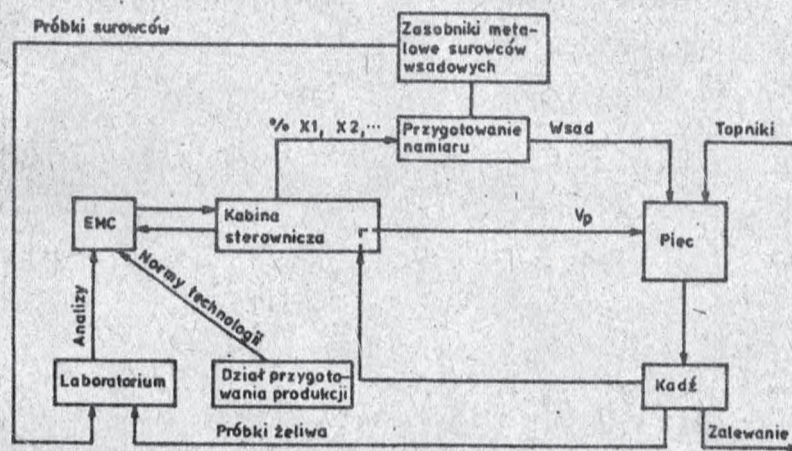
W praktyce najczęściej stosuje się optymalizację wsadu ze względu na najmniejszy koszt. Wniosek ten wyprowadzamy na podstawie wiadomości dotyczących wielu odlewni w Polsce i za granicą⁷.

⁶ Krzeszewski, Kluska-Nawarecka, op. cit.

⁷ Wypowiedzi dyskutantów na VI Ogólnopolskim Sympozjum Odlewników w Uniejowie, 1975 r.

Zastosowanie komputera do obliczania optymalnego namiaru wsadu

Obliczanie wsadu piewcowego staje się zagadnieniem szczególnie trudnym przy dużej liczbie posiadanych przez odlewnię surowców metalowych oraz konieczności określenia zawartości we wsadzie kilku lub więcej pierwiastków. Rozwiązanie zadania obliczeniowego optymalnego wsadu w takich warunkach w krótkim czasie staje się realne jedynie przy wykorzystaniu elektronicznej maszyny cyfrowej (EMC). Metodzie programowania liniowego udzieliliśmy aprobaty (mimo pewnych zastrzeżeń) z tego względu, że łatwo daje się ją wykorzystać do obliczeń na maszynie cyfrowej. Z maszyny cyfrowej uzyskuje się wyniki, w których są podane optymalne zestawienia wsadu z punktu widzenia technologicznego i nakładów. Z tych wyników można wybrać najbardziej odpowiedni wsad dla całości kształtu warunków produkcji oraz ustalić kierunki obniżania zużycia drogich materiałów wsadowych. Schemat operacji koniecznych do zestawienia wsadu przy pomocy EMC można przedstawić tak, jak na rys. 3.



Rys. 3. Schemat przepływów informacyjno-energetycznych związanych z ustaleniem wsadu przy pomocy EMC

Schemat ten można ogólnie zinterpretować następująco: laboratorium bada próbki wszystkich dostarczanych do odlewni surowców wsadowych oraz próbkę aktualnie topionego żeliwa. Dział przygotowania produkcji dostarcza informacji o normach technolo-

gicznych produkowanego gatunku żeliwa. Jeśli uwzględnić, że informacje te są zmagazynowane na odpowiednich nośnikach maszynowych, to ogniwo "dział przygotowania produkcji" można wykreślić z powyższego schematu. Badania prowadzone przez laboratorium są niezbędne ze względu na potrzebę ciągłego korygowania procesu topienia, aby otrzymać żeliwo o ściśle określonym składzie chemicznym. Wyniki analizy laboratoryjnej przekazywane są do EMC, która oblicza konieczne udziały surowców we wsadzie i przekazuje je do kabiny sterowniczej. Stąd wydawane są decyzje idące albo wprost do oddziału namierzania wsadu lub powtórnie na EMC w celu powtórzenia obliczeń.

Zaprezentowana przez nas metoda programowania liniowego ustalania optymalnego namiaru wsadu nie przedstawia żadnych trudności, jeśli chodzi o wykorzystanie jej do obliczeń przy pomocy EMC. Blok programowania liniowego może być zrealizowany przy użyciu standardowego oprogramowania maszyny cyfrowej. Z tego powodu nie wydaje nam się celowym przedstawianie schematu blokowego i programu obliczania optymalnego wsadu metodą sympleksów na EMC.

Zdając sobie w pełni sprawę z niedociągnięć zaprezentowanej metody, o których już wspominaliśmy, postaramy się przedstawić metodę obliczania wsadu, która będzie od nich wolna.

Wykorzystanie metody symulacji systemów do ustalania optymalnego wsadu piecowego

Definicja symulacji systemów

Złożoność i wielkość systemów gospodarczych⁸ uniemożliwia przeprowadzanie na nich badań w postaci wymuszania pewnych sytuacji celem obserwowania ich reakcji. Z tych względów buduje się modele badanych systemów, wykorzystywane do opisu, wyjaśnienia i przewidywania ich zachowań w różnych warunkach otoczenia. Najbardziej odpowiednią techniką do celów badawczych okazuje się

⁸ System to całość konkretna lub koncepcyjna złożona ze współzależnych części - por. R. Ł u k a s z e w i c z, Dynamika systemów zarządzania, Warszawa 1975, s. 54.

technika symulacyjna. Badanie systemów metodą symulacji przy użyciu maszyn matematycznych jest stosunkowo młodą dziedziną nauki, rozwijającą się dopiero od kilkunastu lat. Symulacja systemów jest techniką służącą do dokonywania przy pomocy maszyny matematycznej eksperymentów na modelach matematycznych opisujących zachowanie się badanego systemu⁹. Dzięki symulacji specjaliści zajmujący się na przykład zagadnieniami ekonomii i zarządzania posiadli narzędzie umożliwiające przeprowadzanie kontrolowanych eksperymentów na modelach rzeczywistych systemów. Jest to tym bardziej cenne dlatego, że specjaliści w większości wypadków nie mogą realizować eksperymentów na rzeczywistym systemie, gdyż byłoby to zbyt kosztowne lub trudne w realizacji. Modele symulacyjne umożliwiają stosunkowo tanie poszukiwanie rozwiązań optymalnych oraz badanie niezawodności złożonych systemów.

Przyczyny zmiany problemu programowania liniowego
na problem programowania stochastycznego
w procesie ustalania wsadu piecowego

Przy określaniu proporcji wagowych wsadu często wielkości a_{ij} traktuje się (dla $i = 1, 2, 3, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n$) jako znane. Faktycznie jednak znane są one jedynie z pewnym przybliżeniem i można je traktować jako zmienne losowe określone przez odpowiedni rozkład prawdopodobieństwa $p(a_{ij})$. Rozkłady $p(a_{ij})$ mogą być wyznaczone na drodze empirycznej dla konkretnych warunków technologicznych. Pojęcie "warunki technologiczne" oznacza określony sposób zastosowania materiałów wsadowych, stopień ich jednorodności oraz częstotliwość i dokładność przeprowadzanych analiz. Uwzględnienie rozkładów $p(a_{ij})$ przy rozwiązaniu zadania programowania liniowego staje się bardzo trudne, gdyż zaczynamy mieć do czynienia z problemem programowania stochastycznego. Istnieje wprawdzie pewna możliwość rozwiązań przybliżonych. Metoda otrzymania tych rozwiązań jest jednak zbyt skomplikowana i z tego względu rzadko stosowana w praktyce.

⁹ Por. G. Gordon, Symulacja systemów, Warszawa 1974, s. 33-34; I. Hesselbach, L. M. Eisgruber, Betriebliche Entscheidungen mittels Simulation, Verlag Paul Parey, Hamburg 1967, s. 27; T. H. Naylor, Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych, Warszawa 1975, s. 21.

Przy założeniu, że a_{ij} jest zmienną losową o rozkładzie $p(a_{ij})$ istnieje niebezpieczeństwo otrzymania dla określonego rozwiązania $X'_1, X'_2, \dots, X'_n$ wielkości $f_1 \notin \langle U_1, V_1 \rangle$. Dopiero znajomość rozkładów $p(f_i)$ dla $i = 1, 2, \dots, k$ pozwala obliczyć prawdopodobieństwa warunku:

$$U_1 \leq f_1(X'_1, X'_2, \dots, X'_n) \leq V_1 \quad (11)$$

oraz dokonać oceny aktualnie stosowanej metodyki pomiaru właściwości surowców wsadowych. Zagadnienie powyższe jeszcze bardziej się skomplikuje, gdy przyjmiemy, że porcje wsadowe odważane są niedokładnie. Wskutek uchybów urządzeń wagowych oraz niedokładnego ważenia (np. ze względu na kawałkowatość wsadu), okazuje się, że zamiast porcji X'_j , ładowane są porcje, których waga jest zmienną losową

$$\bar{X}_j = p(X'_j) \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, n.$$

W rezultacie w warunkach:

$$\begin{aligned} A \cdot X &\leq V \\ A \cdot X &\geq U, \end{aligned} \quad (12)$$

"A" staje się macierzą stochastyczną, a "X" wektorem losowym. Zamiast (11) można więc napisać:

$$U_1 \leq f_1[p(X'_j), p(a_{ij})] \leq V_1, \quad (13)$$

dla $i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n$.

Biorąc pod uwagę, że $p(X'_j), p(a_{ij})$ są z konieczności dane w postaci empirycznej, określenie rozkładu łącznego dla f_1 , występującego w (13) jest na drodze analitycznej praktycznie niemożliwe. Dla uzyskania ocen dotyczących spełnienia (13) należy zastosować procedurę symulacyjną, opartą na metodzie Monte-Carlo.

Opis rozwiązania z zastosowaniem symulacji¹⁰

Idea zasygnalizowanej metody polega na wygenerowaniu, przy pomocy maszyny cyfrowej, dużej ilości realizacji zmiennych losowych $\bar{a}_{1j}$, $\bar{X}_j$ oraz na obliczaniu odpowiadających im wartości $\bar{f}_1$. Dla zbioru otrzymanych realizacji $f_1(1), \dots, f_1(N)$ ($i = 1, 2, \dots, k$) oblicza się odpowiednią statystykę, którą może być np. rozkład $p(f_1)$.

Rozkłady $p(a_{1j})$, $p(X'_j)$ zadawane są w formie empirycznej. W symulacji wykorzystujemy otrzymane z zadania programowania liniowego wartości X'_j (gdzie $j = 1, 2, \dots, n$). Następnie generujemy ciąg realizacji $\bar{X}_j(1), \bar{X}_j(N)$, przy czym $\bar{X}_j(n)$ (dla $n = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, n$) jest zmienną losową o wartości oczekiwanej X'_j . Równocześnie generowane są realizacje macierzy $A(1), A(2), \dots, A(N)$.

W bloku symulacji dla $\bar{f}_1 = \bar{A} \cdot \bar{X}$ obliczane są wartości $\bar{f}_1(1), \dots, \bar{f}_1(N)$. W kolejnych blokach obliczeniowych wyznacza się rozkład $p(f_1)$ lub inną statystykę oraz oblicza wartość wskaźnika Q , charakteryzującą dany wariant rozwiązania. Wspomniany wskaźnik zdefiniujemy następująco:

$$Q = \sum_{n=1}^N q(n),$$

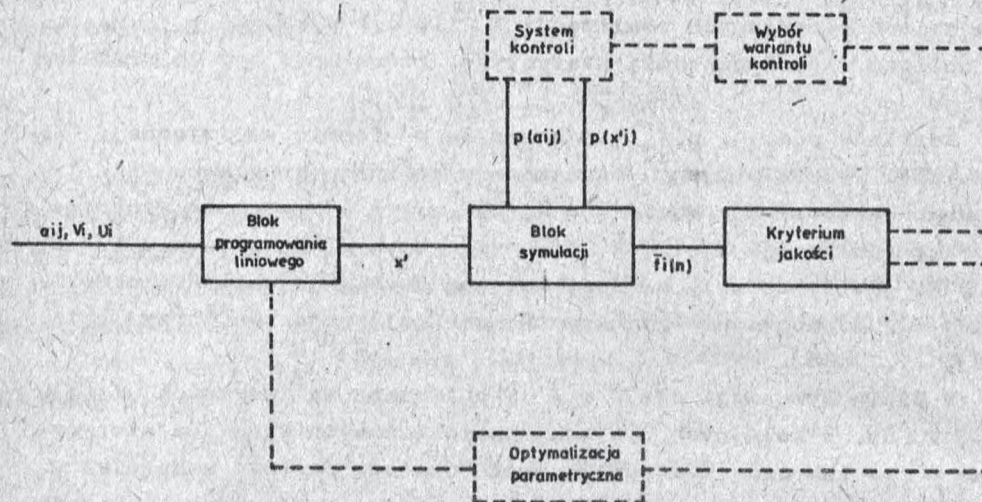
przy czym

$$q(n) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } \bar{f}(n) \notin \langle U, V \rangle \\ 1 & \text{gdy } \bar{f}(n) \in \langle U, V \rangle \end{cases}$$

gdzie przedział $\langle U, V \rangle$ stanowi obszar dopuszczalnej (ze względów technologicznych) zmienności zawartości poszczególnych pierwiastków w zadanym żeliwie. Wskaźnik Q wykorzystywany jest do oceny rozwiązania X' z punktu widzenia probabilistycznych charakterystyk otrzymanego wsadu. $\frac{Q}{N}$ określa częstość przekraczania dopuszczalnego przedziału $\langle U, V \rangle$. Optymalnej wartości Q można poszukiwać przez dobór współczynników wagowych C_j w funkcji kry-

¹⁰ Por. Krzeszewski, Kluska-Nawarecka, op.cit.

terium $Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$, jak również przez zastosowanie innego wariantu kontroli, co wiąże się ze zmianą rozkładów $p(a_{ij})$ oraz $p(X'_j)$. Schemat ideowy procedury obliczeniowej przedstawiamy na rys. 4.



Rys. 4. Schemat ideowy procedury obliczeniowej

Pewna trudność związana z przedstawioną metodą polega na tym, że ocena może być uzyskana dla konkretnego wariantu, poprzez zadanie $p(a_{ij})$ i $p(X'_j)$. Na to więc, aby wybrać rozwiązanie spełniające określone wymagania jakościowe, musimy procedurę symulacyjną powtórzyć dla pewnej ilości wariantów. Nie stwarza to jednak dla maszyny cyfrowej większych trudności (czas obliczeń jest bardzo krótki).

Uwagi i wnioski końcowe

Z tego, co przedstawiliśmy w tym opracowaniu wynika, że skład wsadu metalowego musi być dobrze określony, gdyż warunkuje to uzyskanie żeliwa o składzie chemicznym zgodnym z obowiązującymi normami. Z drugiej strony z ekonomicznego punktu widzenia koszt całkowity wsadu metalowego powinien być jak najniższy. Związanie tych dwóch zagadnień w jedną całość i ich rozwiązanie jest okre-

ślone jako optymalizacja wsadu. Problem ten znajduje w naszym kraju coraz to większe zrozumienie w praktyce przemysłowej. Jeszcze do niedawna skład wsadu metalowego dobierało się w oparciu o intuicję i praktyczną znajomość wielu wcześniej prowadzonych procesów topienia. Dobór taki w większości przypadków prowadził do otrzymania żądanych składów chemicznych lub do nich zbliżonych. Nie zawsze jednak stanowił on rozwiązanie ekonomicznie optymalne. Obecna tendencja, dążąca do jak najszerszego zastosowania modeli matematycznych do opisu wszelkich procesów produkcyjnych, pozwoliła wprzęgnąć najnowsze zdobycze techniki łącznie z elektronicznymi maszynami cyfrowymi do rozwiązywania zagadnień optymalizacji wsadu metalowego.

Ciekawym problemem, który w tym miejscu choemy zasugerować, może być znalezienie optymalnych wsadów metalowych dla poszczególnych rodzajów żeliwa przy uwzględnieniu wszystkich możliwych surowców i złomów (produkowanych w kraju oraz łatwo dostępnych z importu). Rozwiązanie takiego zagadnienia mogłoby stanowić racjonalną przesłankę ustalania planów zakupów surowców przez odlewnię oraz planów produkcji producentów surowców i złomów. Zakładając, że ceny odzwierciedlałyby społeczny koszt wytwarzania branych pod uwagę składników wsadu, uwzględnienie w praktyce wyników takiej optymalizacji mogłoby zmniejszyć społeczne koszty wytwarzania odlewów.

Przedstawione metody obliczania wsadu mogą być zastosowane nie tylko w każdej odlewni, ale również w zakładach stalowni-
czych, zakładach przetopu wtórnego itp.

Józef Lubecki

COMPUTER APPLICATION FOR ESTIMATION OF OPTIMAL METALLIC CHARGE IN A FOUNDRY

The article contains a presentation of the method of optimal estimation of the metallic charge in a foundry applying the computer technique.

It starts with a short description of the technological process in a foundry, which provides an insight into the important problem being a subject of this study.

The author points at two methods of the metallic charge estimation:

- method of linear programming,
- simulation method.

Both methods can be relatively easily computerized. Thanks to that the process of the charge estimation becomes shortened while the results obtained ensure good quality of cast iron possessing the best economical and qualitative characteristics.

The linear programming method possesses many advantages and disadvantages briefly analyzed in the article. For this reason we are presenting a method which allows for elimination of drawbacks attributed to the linear programming method.

The method, we mean here, is the simulation method. Joint application of the linear programming and simulation methods allows to achieve a solution guaranteeing production of cast iron characterized with a relatively best quality and lowest production costs. Application of the simulation method assumes submitting many acceptable variants obtained on the way of the linear programming method to the simulation procedure and selection of the best variant. That, however, does not afford any bigger difficulties as the application of an electronic digital machine for calculation makes it possible to perform this task within a short time.

The presented methods of metallic charge estimation can be applied not only in every foundry but also in steel works etc.