

Franciszek Marecki, Elżbieta Zielińska-Król

PROBLEMY I KONCEPCJE IDENTYFIKACJI
STRUKTURY PROCESU WALCOWANIA CIĄGŁEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono metodykę postępowania przy rozwiązywaniu zadań dotyczących optymalizacji długości serii walcowniczej i kontroli jakości materiału. Omówiony etap dotyczy identyfikacji struktury obiektu (walcowni ciągłej kęsów) w postaci dogodnej do modelowania cyfrowego.

1. Wstęp

Kompleksowe systemy, w których zachodzą dyskretne procesy przemysłowe są często badane metodą symulacji cyfrowej. Stosowanie metody symulacji cyfrowej wymaga jednak identyfikacji struktury obiektu.

W wielu przypadkach strukturą obiektu, w którym zachodzi proces dyskretny [1], [2] jest skomplikowana co stanowi poważne utrudnienie modelowania cyfrowego. Aby uprościć modelowanie cyfrowe należy strukturę obiektu przedstawić w postaci prostych grafów.

Zagadnienie upraszczenia struktury walcowni ciągłej kęsów na drodze dekompozycji, agregacji i selekcji, jest tematem niniejszego referatu.

2. Opis obiektu i procesu

Analizowanym obiektem jest walcownia kęsów (WCK). WCK składa się z "J" współpracujących szeregowo walców. Na każdym "j-tym" walcu znajduje się "I(j)" wykrojów. Wykroje "i(j)" mogą być jednakowe lub różne. Różne wykroje pozwalają uzyskać "K" różnych wyrobów walcowanych (asortyment walcowni).

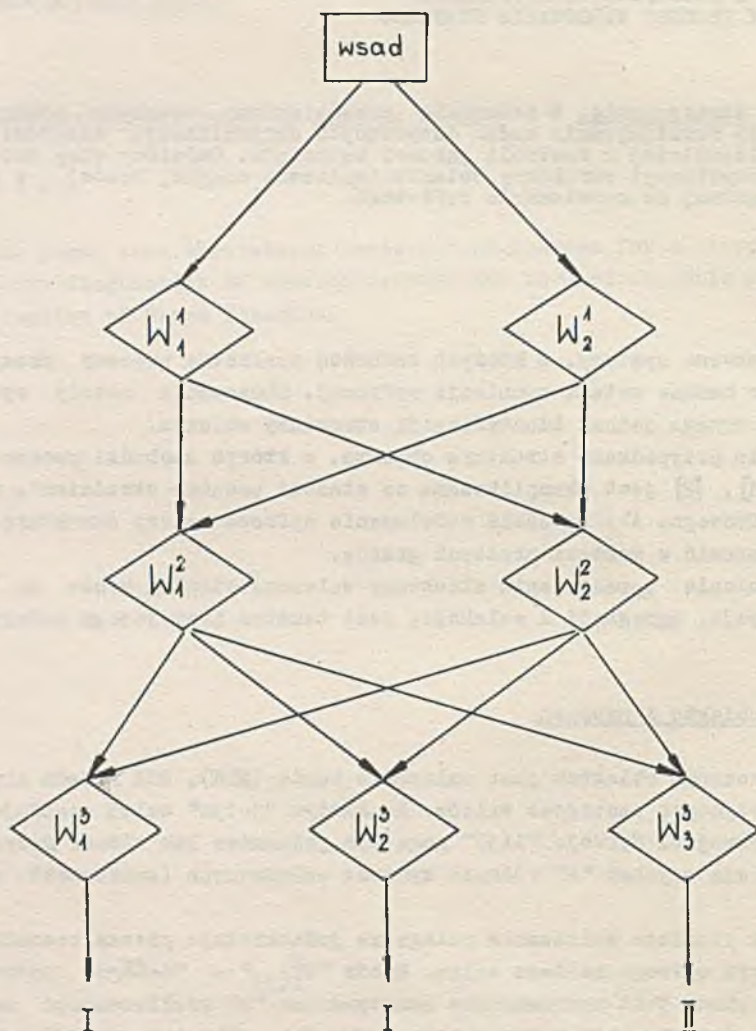
Proces ciągłego walcowania polega na jednokrotnym przewalcowaniu kęsa na wybranym wykroju każdego walca. Wybór " $w_{i(j)}^j$ " - "i-tego" wykroju na "j-tym" walcu, jest uwarunkowany asortymentem "k" realizowanego zamówienia "n" oraz stopniem zużycia tego wykroju. Stopień zużycia wykroju " $w_{i(j)}^j$ ", określamy poprzez stan " $p_{i(j)}^j$ " wykroju. Celem uzyskania wymaganej jakości wyrobów walcowanych winien być spełniony warunek:

$$p_{i(j)}^j \leq P_{i(j)}^j \quad (1)$$

gdzie:

$P_{i(j)}^j$ - maksymalna dopuszczalna liczba ton stali, którą można przewalcować na wykroju $W_{i(j)}^j$,

$p_{i(j)}^j$ - stan wykroju $W_{i(j)}^j$, czyli liczba ton stali przewalcowanych na wykroju $W_{i(j)}^j$.

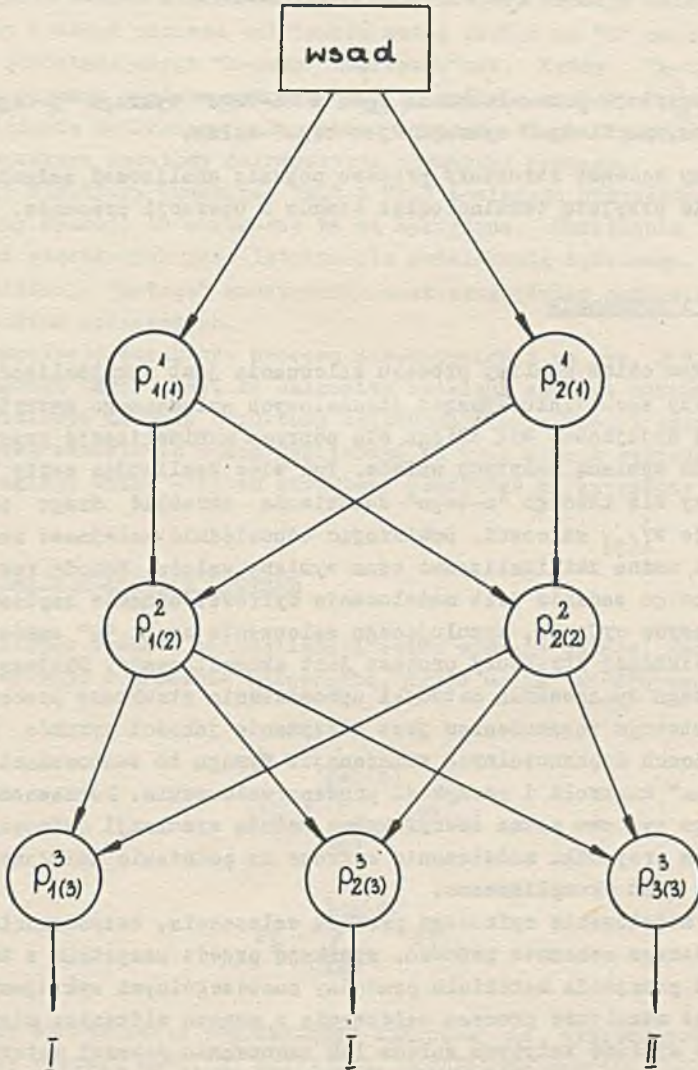


Rys. 1. Struktura obiektu

Po przewalcowaniu na wykroju $W_{i(j)}^j$ odpowiednio $P_{i(j)}^j$ ton stali - wykrój oddaje się do regeneracji. Wymiany zużytych walców wydłużają czas realizacji serii "N" zamówień. Fragment WCK ilustruje rys. 1. Na rysunku

tym pokazano trzy walce o odpowiedniej liczbie (2,2,3) wykrojów. Pokazany fragment WCK może realizować dwa różne typy wyrobów (I i II). Jak widać realizacja różnego asortymentu odbywa się na tych samych wykrojach pierwszych dwóch walców i różnych wykrojach trzeciego walca. Np. wyrób nr I można otrzymać z wykrojów: W_1^3 oraz W_2^3 , natomiast wyrób nr II z wykroju W_3^3 . Na rys. 1 strzałkami oznaczono możliwe drogi przejścia walcowanego materiału.

W dalszej analizie będziemy posługiwać się strukturą procesu walcowania. Schemat struktury procesu walcowania odpowiadający schematowi struktury obiektu przedstawiono na rys. 2. Na rysunku tym stany wykrojów ozna-



Rys. 2. Struktura procesu

czone kółkami odpowiadają wykrojom oznaczonym rombami na rys. 1. Tak więc:

$$p_{i(j)}^j \hat{=} w_{i(j)}^j \quad (2)$$

Odpowiednio strzałki na rys. 2 oznaczają operacje przewalcowań. Po każdej operacji przewalcowania kęsa zmienia się stan wykroju. Tak więc operacja:

$$w \left[\begin{array}{c} j \\ i(j) \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} j+1 \\ i(j+1) \end{array} \right] \Rightarrow p_{i(j+1)}^{j+1}, \quad (3)$$

gdzie:

w [...] - operacja przewalcowania kęsa z "i-tego" wykroju "j-tego" walca, na "i-tym" wykroju "j+1-tego" walca.

Przedstawiony schemat struktury procesu pozwala analizować zadanie w oparciu o ogólnie przyjętą terminologię: stanów i operacji procesów.

3. Problemy i koncepcje

Podstawowym celem analizy procesu walcowania jest maksymalizacja wydajności WCK przy zachowaniu wymagań jakościowych walcowanego materiału. Maksymalizację wydajności WCK osiąga się poprzez minimalizację przerw pracy spowodowanych wymianą zużytych walców. Tak więc realizując serię "N" zamówień należy dla każdego "n-tego" zamówienia określić drogę przejścia przez wykroje $w_{i(j)}^j$ walcowni. Dobierając odpowiednio kolejność realizacji "N" zamówień można zminimalizować czas wymiany walców. Metodą rozwiązania tak postawionego zadania jest modelowanie cyfrowe. Jednakże napisanie programu na maszynę cyfrową, symulującego walcowanie serii "N" zamówień, na podstawie uwikłanej struktury procesu jest skomplikowane. Dlatego też problem ten wymaga opracowania metodyki uproszczenia struktury procesu.

Drugim istotnym zagadnieniem jest utrzymanie jakości wyrobów walcowanych w granicach dopuszczalnych tolerancji. Wymaga to zastosowania systemu "on - line" kontroli i predykcji procesu walcowania. Poprawność działania każdego systemu można zweryfikować metodą symulacji cyfrowej. Jednakże i w tym przypadku modelowanie cyfrowe na podstawie uwikłanej struktury procesu jest skomplikowane.

Problemy modelowania cyfrowego procesu walcowania, bezpośrednio na podstawie uwikłanego schematu procesu, wynikają przede wszystkim z trudności wyboru drogi przejścia materiału pomiędzy poszczególnymi wykrojami.

Analizując strukturę procesu walcowania z punktu widzenia: minimalizacji czasu na wymianę zużytych walców lub zachowania jakości materiału, moż-

na zaproponować pewne transformacje struktur. Celem tych transformacji jest przedstawienie struktury procesu walcowania w postaci dogodnej do modelowania cyfrowego.

4. Dekompozycja struktury procesu

W wyniku procesu walcowania na WCK można uzyskać "K" różnych wyrobów (asortyment walcowni). Realizacja procesu walcowania wybranego "k-tego" asortymentu odbywa się na określonych wykrojach każdego walca. Tak więc uwikłany schemat procesu walcowania można rozbić na "K" schematów cząstkowych odpowiadających "k-temu" asortymentowi. Każdy "k-ty" cząstkowy schemat procesu zawiera wykroje " $w_{i(k)}^j$ " opisane stanami " $p_{i(k)}^j$ ". Procedurę rozłożenia uwikłanego całkowitego schematu struktury procesu na schematy cząstkowe nazwiemy dekompozycją struktury procesu.

Jeśli struktury cząstkowe " k_1 " i " k_2 " posiadają przynajmniej jeden identyczny wykroj, to struktury te są sprzężone. Określenie sprzężonych struktur cząstkowych jest istotne dla modelowania cyfrowego, gdyż symulacja realizacji "k-tego" asortymentu musi uwzględniać zmianę stanu wykrojów struktur sprzężonych.

Dekompozycję struktury procesu przedstawionej na rys. 2 ilustruje rys. 3. Z rysunku tego widać, że całkowity uwikłany schemat struktury procesu można rozłożyć na dwie struktury cząstkowe (dla wyrobu I oraz II). Ponieważ obydwa zamówienia można realizować na tych samych wykrojach pierwszego i drugiego walca - zatem struktury cząstkowe są sprzężone.

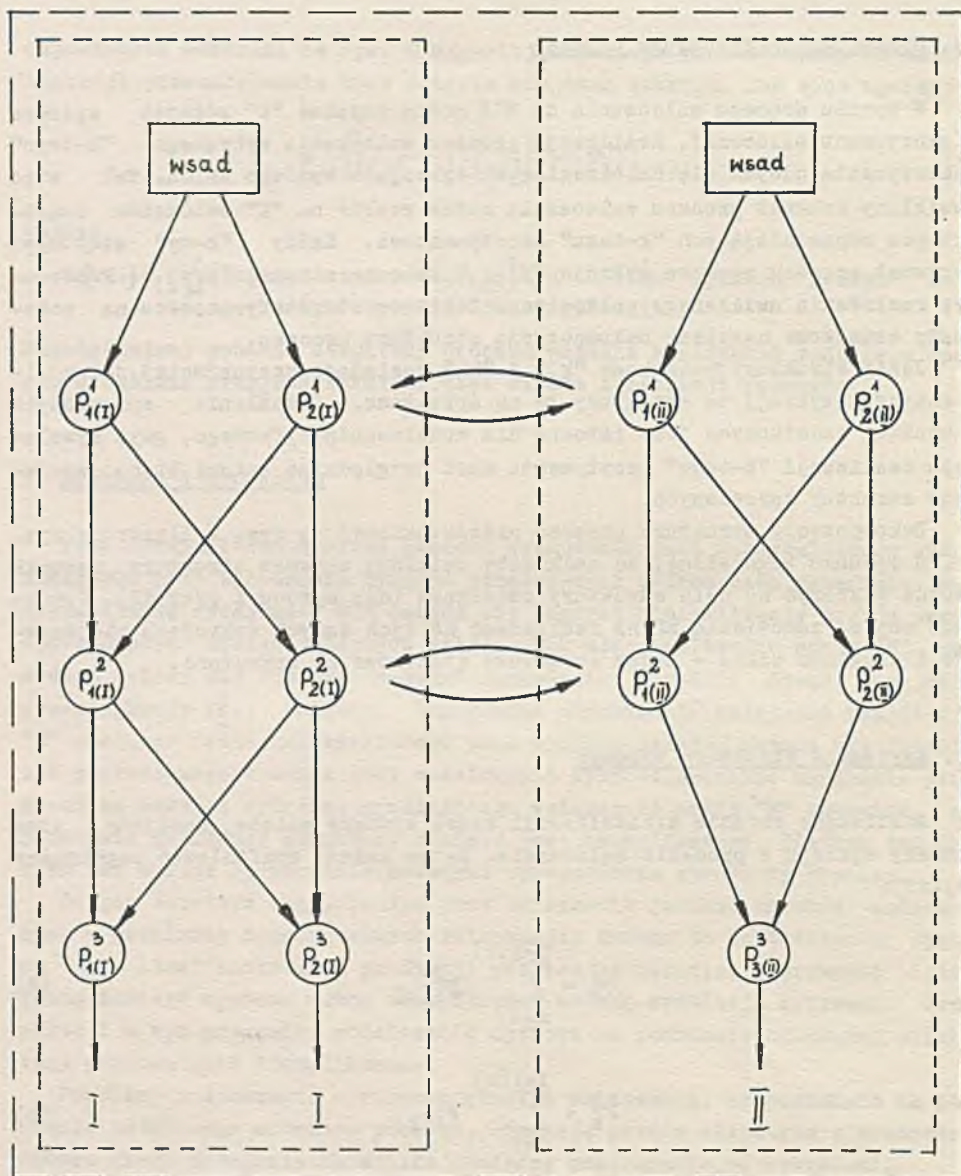
5. Agregacja struktury procesu

Analizując zadanie minimalizacji czasu wymiany walców, pomijamy czas zmiany wykroju w procesie walcowania. Zatem można zdefiniować uogólniony wykroj:

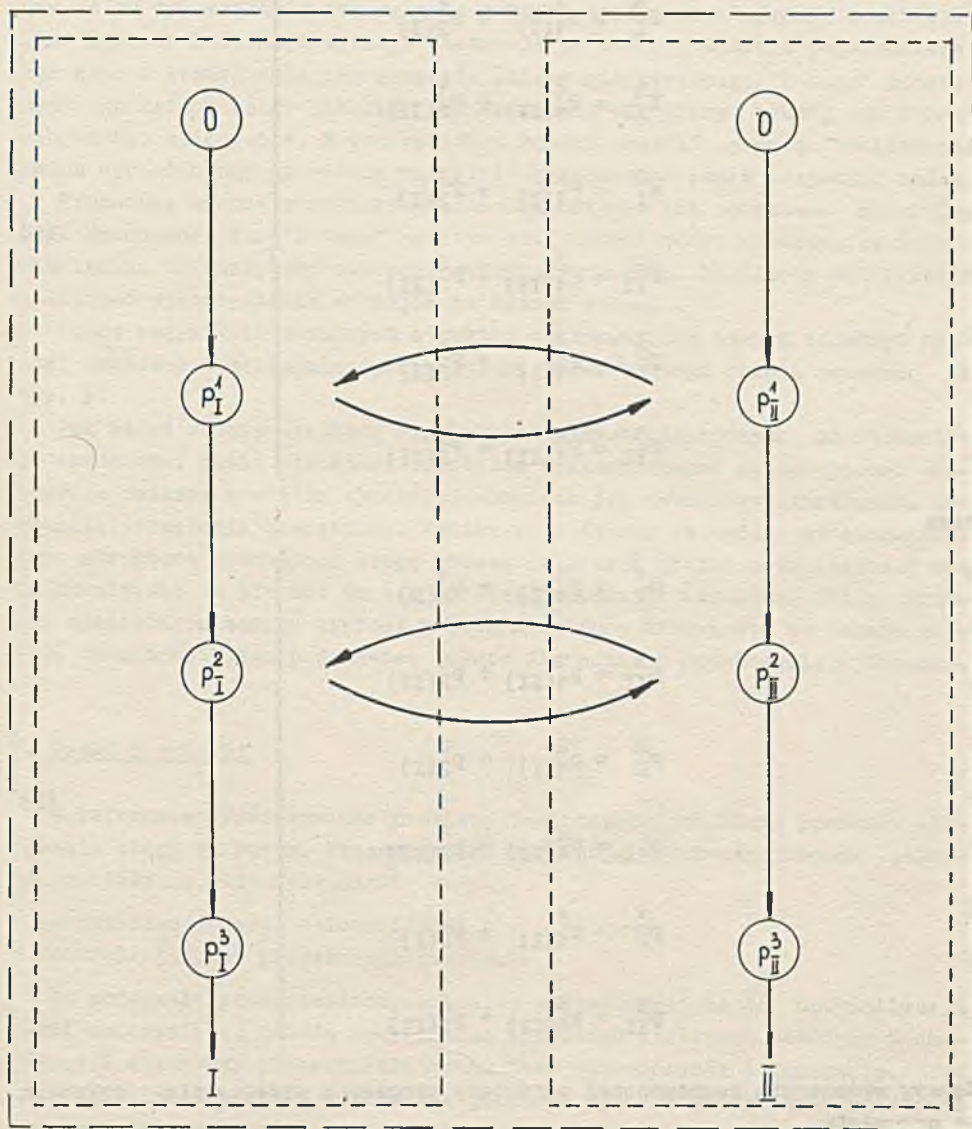
$$p_k^j = \sum_{i=1}^{i=I(k)} p_{i(k)}^j \quad (4)$$

$$p_k^j = \sum_{i=1}^{i=I(k)} p_{i(k)}^j \quad (5)$$

Procedurę wprowadzenia uogólnionych wykrojów na cząstkowych schematach struktury procesu nazwiemy agregacją. Uogólnione wykroje " w_k^j " zagregowanych struktur procesu posiadają własności (4) i (5). Sprzężenia struktur



Rys. 3. Dekompozycja struktury



Rys. 4. Agregacja struktury

zagregowanych są takie same jak struktur cząstkowych otrzymanych w wyniku dekompozycji.

Agregacje zdekomponowanej struktury procesu przedstawionej na rys. 3, ilustruje rys. 4.

Z rysunku tego wynika wprost:

$$\begin{aligned}
 P_I^1 &= P_{1(I)}^1 + P_{2(I)}^1 \\
 P_{II}^1 &= P_{1(II)}^1 + P_{2(II)}^1 \\
 P_I^2 &= P_{1(I)}^2 + P_{2(I)}^2 \\
 P_{II}^2 &= P_{1(II)}^2 + P_{2(II)}^2 \\
 P_I^3 &= P_{1(I)}^3 + P_{2(I)}^3 \\
 P_{II}^3 &= P_{1(II)}^3 + P_{2(II)}^3
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

oraz

$$\begin{aligned}
 \bar{P}_I^1 &= p_{1(I)}^1 + p_{2(I)}^1 \\
 \bar{P}_{II}^1 &= p_{1(II)}^1 + p_{2(II)}^1 \\
 \bar{P}_I^2 &= p_{1(I)}^2 + p_{2(I)}^2 \\
 \bar{P}_{II}^2 &= p_{1(II)}^2 + p_{2(II)}^2 \\
 \bar{P}_I^3 &= p_{1(I)}^3 + p_{2(I)}^3 \\
 \bar{P}_{II}^3 &= p_{1(II)}^3 + p_{2(II)}^3
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Zalety stosowania zagregowanej struktury procesu w modelowaniu cyfrowym są oczywiste.

6. Selekcja struktury procesu

W zagadnieniach kontroli jakości wyrobów walcowanych przeprowadza się pomiar grubości kęsów po każdym wykroju. Tak więc nie można posłużyć się pojęciem uogólnionego wykroju. Jednakże proces walcowania każdego "k-tego" asortymentu prowadzony jest w sposób uporządkowany. Oznacza to, że na każdym walcu wykorzystuje się wykroje w kolejności wzrastającej numeracji. Przejście do kolejnego wykroju następuje po zużyciu wykroju poprzedniego. Tak więc w każdej chwili w procesie walcowania wybranego "k-tego" asortymentu na każdym walcu istnieje jednoznacznie określony wykroj na którym odbywa się walcowanie. W ten sposób w każdej chwili procesu walcowania można wybrać drogę przejścia materiału walcowanego przez wszystkie walce.

Procedurę wyboru struktury procesu walcowania (na podstawie struktury zdekomponowanej dla "k-tego" asortymentu) w zależności od stanu wykroju i regulaminu WCK nazywamy selekcją struktury procesu. Regulamin WCK określa kolejność wykorzystania wykrojów na każdym walcu.

Zbiór wszystkich możliwych struktur otrzymanych w wyniku selekcji stanowi podstawę modelowania cyfrowego. Przykład takiego zbioru pokazano na rys. 5.

Jak widać zbiory struktur wyselekcjonowanych dla różnych asortymentów są sprzężone, jeśli struktury cząstkowe zdekomponowane są sprzężone. Ponadto w zbiorze struktur wyselekcjonowanych dla wybranego asortymentu występują sprzężenia wewnętrzne. Wynika to z faktu, że każda wyselekcjonowana struktura stanowiąca drogę prostą (w sensie grafu) może zawierać stany identyczne ze stanami innych wyselekcjonowanych struktur. Zbiór struktur wyselekcjonowanych stanowi prostą strukturę drzewiastą (w sensie grafu), co stanowi jego podstawową zaletę dla potrzeb modelowania cyfrowego.

7. Uwagi i wnioski

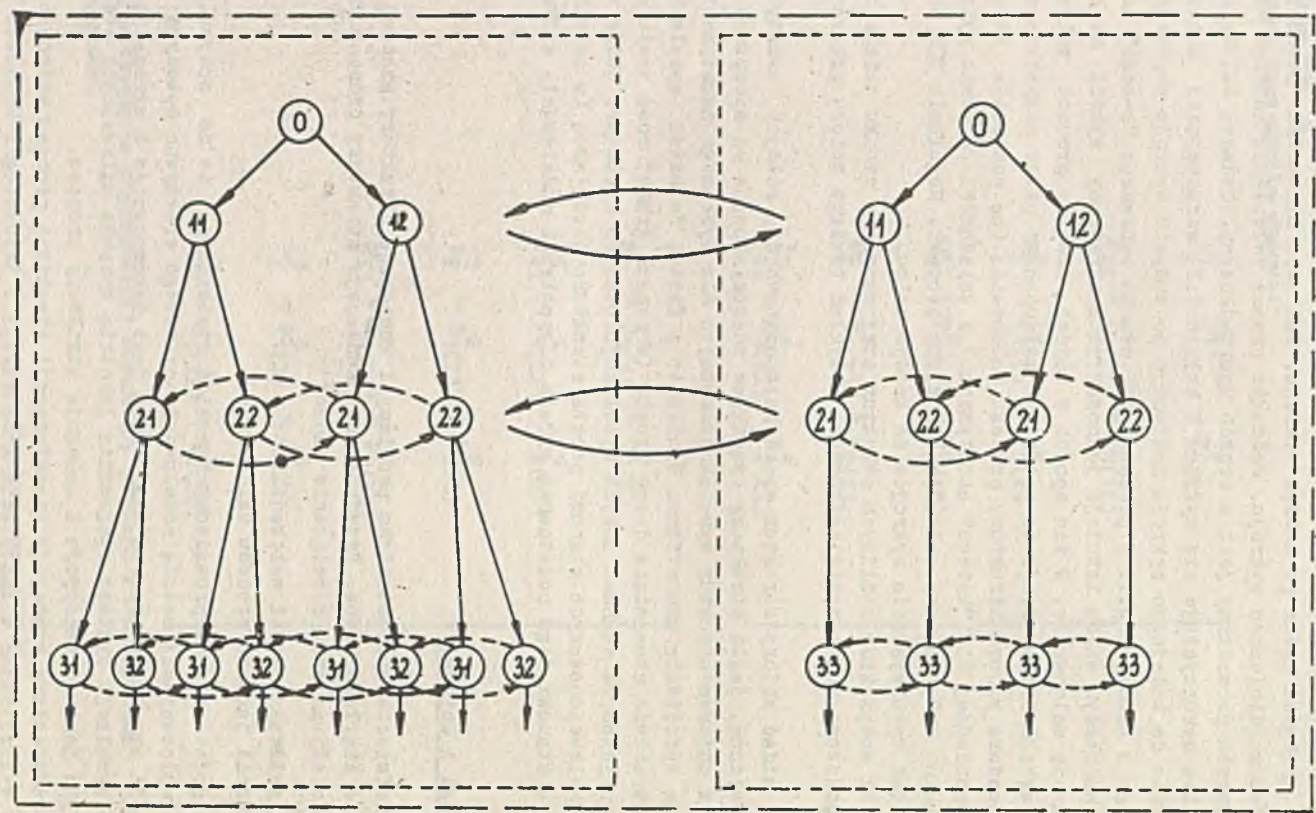
W referacie przedstawiono problemy i koncepcje struktury procesu walcowania ciągłego kęsów. Przedstawione koncepcje struktury procesu walcowania miały na celu rozwiązanie zadań:

- optymalizacji serii walcowniczej;
- kontroli jakości procesu walcowania.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że do optymalizacji serii walcowniczej metodą modelowania cyfrowego efektywną metodyką transformacji struktury procesu walcowania jest dekompozycja i agregacja.

Do symulacji systemu sterowania jakością wyrobów walcowanych efektywną metodyką jest dekompozycja i selekcja struktury procesu.

Przedstawione koncepcje transformacji struktury procesu walcowania zostały wykorzystane w Instytucie Konstrukcji i Technologii Urządzeń Automatyki i Informatyki w trakcie realizacji prac dla potrzeb przemysłu.



Rys. 5. Selekcja struktury

LITERATURA

- [1] Opracowanie IKiTUAIi nt.: "System automatycznego sterowania i kontroli jakości wyrobów dla podejmowania decyzji końcowych" - część III, styczeń 1975 r.
- [2] Opracowanie IKiTUAIi nt.: "Śledzenie ciągłości przepływu materiałów" - część III, styczeń 1975 r.

ПРОБЛЕМЫ И КОНЦЕПЦИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ
ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКИ

Р е з ю м е

В работе представлен метод решения задач касающиеся оптимизации длины прокатной серии и контроля качества продукта. Изложенный этап касается идентификации структуры объекта и процесса в форме удобной для цифрового моделирования.

THE PROBLEMS AND IDEAS OF IDENTIFICATION OF A ROLLING PROCESS

S u m m a r y

A method identification for problems connected with optimization lenght of rolling series has been presented. This method can be convenient for digital simulation.