ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: Automatyka z.44 Nr kol. 580

Franciszek Marecki, Krystian Szendzielorz
Politechnika Śląska

KONCEPCJA HARMONOGRAMOWANIA PRACY KRAJALNI W FSM TYCHY

Streszczenie. W referacie rozważono proces produkcyjny na krajalni blach karoseryjnych. Do opisu matematycznego procesu wykorzystano koncepcję stanów istotnych. Podano prosty algorytm harmonogramowania przy podanych założeniach.

1. Opis obiektu i procesu

Przedmiotem rozważań w referacie jest proces produkcyjny na krajalni blach karoseryjnych. W obiekcie tym wyróżnia się trzy elementy:
- magazyn blach;
- układ nożyc gilotynowych;
- magazyn przygotówek dla prasowni.

Blachy w magazynie charakteryzują się określonymi wymiarami /długość, szerokość i grubość arkusza/ oraz gatunkiem /rodzajem materiału/. Nożyce gilotynowe są urządzeniami przeznaczonymi do cięcia blach - dla uzyskania odpowiednich formatów stanowiących materiał wejściowy dla prasowni blach karoseryjnych. Nożyce gilotynowe są charakteryzowane możliwością cięcia blachy o określonej grubości /nie przekraczającej pewnej grubości/. Magazyn przygotówek dla prasowni jest składowiskiem materiału wyjściowego krajalni.

Wytłoczki mogą być wykonane z blachy o określonym gatunku. Ponadto, z uwagi na konieczność minimalizacji odpadu blachy, dla każdej wytłoczki podany jest zasadniczy format blachy, z którego wykraja się przygotówki dla prasowni. W praktyce dla każdej wytłoczki dopuszcza się możliwość wykorzystania blachy z materiału zastępczego. Rozwiązanie takie jest podyktowane koniecznością realizacji planu produkcyjnego, w warunkach okresowych braków /na skutek nierytmicznej dostawy/ materiału podstawowego. Mankamentem tego rozwiązania jest gorsza jakość karoserii i większe /na ogół/ odpady blachy na krajalni. Zakładamy przy tym, że możliwe formaty i gatunki blach otrzymywanych z hut są określone.

Proces wykrawania przygotówek z blach polega na wycięciu z blachy o znanych rozmiarach odpowiednich formatów, potrzebnych dla określonych wytłoczek. Zakładamy, że dla każdej wytłoczki określony jest podstawowy arkusz blachy, z którego wykrawane są przygotówki. Jednakże dla minimalizacji odpadu - z jednego arkusza blachy można wykroić różne przygotówki /dla różnych wytłoczek/. Liczba wytłoczek /przygotówek/ otrzymywanych z arkusza blachy jest określona. Jest ona wynikiem rozwiązania zadania minimalizacji odpadu blachy.

W referacie zostanie przedstawiona koncepcja opisu matematycznego procesu dla uproszczonego modelu krajalni - dla potrzeb harmonogramowania. Zadanie zostanie przedstawione bez uwzględnienia ograniczeń z magazynu przygotówek. Kryterium prowadzenia procesu jest maksymalizacja wydajności krajalni. Do opisu matematycznego procesu zostanie wykorzystana koncepcja stanów istotnych, pokazana w pracy [1].

2. Elementy bazy danych

Magazyn blach stanowiący materiał wyjściowy dla krajalni można przedstawić formalnie w postaci: wektora magazynu

$$A = [a_m] = \begin{bmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_m \\ \cdot \\ \cdot \\ a_M \end{bmatrix} \qquad /1/$$

gdzie: a_m - liczba sztuk blachy m-tego gatunku i formatu.

W procesie produkcyjnym elementy wektora "A" są nieujemnymi funkcjami czasu /wartości tych elementów są zmienne w czasie/.

Zapotrzebowanie prasowni na przygotówki dla określonych wytłoczek można scharakteryzować wektorem prasowni:

$$W = \left[w_n\right] = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \qquad /2/$$

gdzie: w_n - liczba sztuk przygotówek dla produkcji "n-tej" wytłoczki;

Wektor /2/ może być traktowany jako plan produkcji krajalni w przedziale czasu $0 < t < T$". Zakładamy, że w tym okresie czasu "wymuszenia" produkcji krajalni ze strony prasowni nie ulegają zmianie.

Przyporządkowanie każdej przygotówce /dla określonej wytłoczki/ blachy pewnego formatu i gatunku można przedstawić w postaci macierzy przyporządkowań:

$$B = \left[b_{mn}\right] = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} & \cdots & b_{1N} \\ \vdots & & & & \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} & \cdots & b_{mN} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ b_{M1} & \cdots & b_{Mm} & \cdots & b_{MN} \end{bmatrix} \qquad /3/$$

gdzie: b_{mn} - priorytet przyporządkowania blachy "m-tego" gatunku i formatu, dla "n-tej" wytłoczki;

gdzie: $b_{mn} = \begin{cases} 0 & \text{- jeśli z "m-tej" blachy nie można wykonać "n-tej" przygotówki;} \\ 1,2,3,.. & \text{- jeśli "m-ta" blacha stanowi materiał do produkcji "n-tej" przygotówki, z priorytetem 1,2,3,..} \end{cases}$

Liczba priorytetów w praktyce nie jest duża /zakładamy, że "1" jest priorytetem najwyższym/.

Jeżeli "m-ta" blacha jest materiałem do produkcji "n-tej" przygotówki, to należy podać, ile przygotówek uzyskuje się z jednego arkusza - co przedstawia macierz normatywów ilościowych:

$$D = \left[d_{mn}\right] = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1m} & \cdots & d_{1N} \\ \vdots & & & & \\ d_{m1} & \cdots & d_{mn} & \cdots & d_{mN} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{M1} & \cdots & d_{Mn} & \cdots & d_{MN} \end{bmatrix} \qquad /4/$$

gdzie: d_{mn} - liczba sztuk przygotówek dla "n-tej" wytłoczki z "n-tej" blachy.

Elementy macierzy /4/ są całkowite i nieujemne. W macierzach /3/ i /4/

zera występują na tych samych pozycjach.

Dla potrzeb harmonogramowania procesu produkcji krajalni należy podać odpowiednią macierz normatywów czasowych:

$$C = \left[c_{mn}\right] = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1n} & \cdots & c_{1N} \\ \vdots & & & & \\ c_{m1} & \cdots & c_{mn} & \cdots & c_{mN} \\ \vdots & & & & \\ c_{M1} & \cdots & c_{Mn} & \cdots & c_{MN} \end{bmatrix} \qquad /5/$$

c_{mn} – czas normatywny procesu wykrajania przygotówek z "m-tej" blachy, gdy "n-ta" przygotówka jest podstawową.

Jak zaznaczono we wstępie referatu, dla minimalizacji odpadu blachy z jednego arkusza mogą być wykrawane różne wytłoczki - przy czym określona jest tzw. wytłoczka podstawowa. Wytłoczki pozostałe stanowią produkcję uboczną; wynikającą z potrzeby minimalizacji odpadu blachy. Dlatego macierz /5/ podaje normatyw czasowy "obróbki" akrusza. Zbiór przygotówek wykrajanych z każdego arkusza blachy jest ustalony - jako wynik minimalizacji odpadu blachy.

Jeżeli w tablicy /3/ występuje "L" priorytetów, wówczas można podać "L" macierzy normatywów ilościowych dla tzw. przygotówek uzupełniających:

$$E_l = \left[e_{l\eta n}\right] = \begin{bmatrix} e_{l11} & \cdots & e_{l1n} & \cdots & e_{l1N} \\ \vdots & & & & \\ e_{ln1} & \cdots & e_{l\eta n} & \cdots & e_{l\eta N} \\ \vdots & & & & \\ e_{lN1} & \cdots & e_{lNn} & \cdots & e_{lNN} \end{bmatrix} \qquad /6/$$

$$/l = 1,\ldots,L/$$

gdzie: $e_{l\eta n}$ – liczba sztuk przygotówek uzupełniających dla "n-tej" wytłoczki, jeśli wytłoczką podstawową jest wytłoczka "η-ta", a priorytet realizacji tej przygotówki z odpowiedniego arkusza blachy wynosi "l".

Tablicę /6/ nazwiemy macierzą sprzężeń.

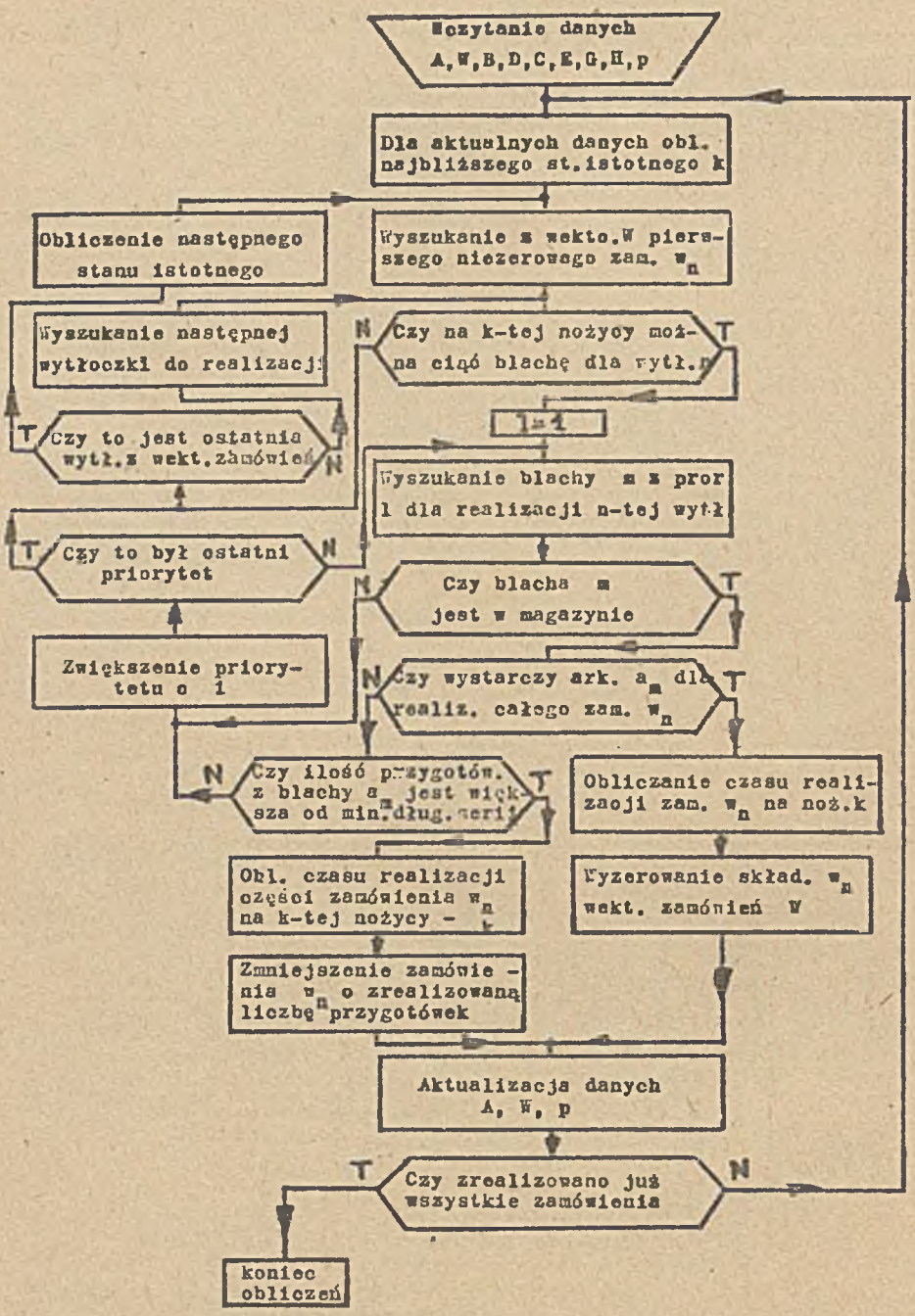
Proces wykrajania przebiega na "K" nożycach gilotynowych. Z uwagi na parametry "k-tej" gilotyny można podać macierz ograniczeń procesu:

$$G = \left[g_{nk}\right] = \begin{bmatrix} g_{11} & \cdots & g_{1k} & \cdots & g_{1K} \\ \vdots & & & & \\ g_{n1} & \cdots & g_{nk} & \cdots & g_{nK} \\ \vdots & & & & \\ g_{N1} & \cdots & g_{Nk} & \cdots & g_{NK} \end{bmatrix} \qquad /7/$$

gdzie:

$$g_{nk} = \begin{cases} 1 & \text{– jeśli "n-tą" przygotówką można wykonać na "k-tej" gilotynie;} \\ 0 & \text{– jeśli "n-tej" przygotówki nie można wykonać na "k-tej" gilotynie;} \end{cases}$$

Ograniczenia /7/ wynikają z faktu, że na każdej "k-tej" gilotynie można ciąć blachę odpowiednio cienką.



Rys.2. SCHEMAT BLOKOWY PROGRAMU HARMONOGR.

W dalszych rozważaniach założymy, że dana jest dodatkowo macierz minimalnych długości serii produkcyjnej:

$$H = \left[h_{mn}\right] = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1n} & \dots & h_{1N} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h_{m1} & \dots & h_{mn} & \dots & h_{mN} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h_{M1} & \dots & h_{Mn} & \dots & h_{MN} \end{bmatrix} \qquad /8/$$

gdzie: h_{mn} - minimalna liczba arkuszy "m-tej" blachy dla realizacji "n-tej" przygotówki podstawowej.

3. Stan krajalni

Stan procesu na krajalni zdefiniujemy następująco:

Określenie 1: Stan nożycy gilotynowej

Stanem "$p_k/t_o/$" "k-tej" nożycy gilotynowej w chwili "to" nazywamy czas, po którym nożyca ta nie będzie obciążona.

$$p_k/t_o/ = /t_k - t_o/\mathbb{1}/t_k - t_o/, \qquad /9/$$

gdzie: t_k - czas zwolnienia "k-tej" nożycy gilotynowej
$\mathbb{1}/t/$ - funkcja skoku jednostkowego viside'a/;

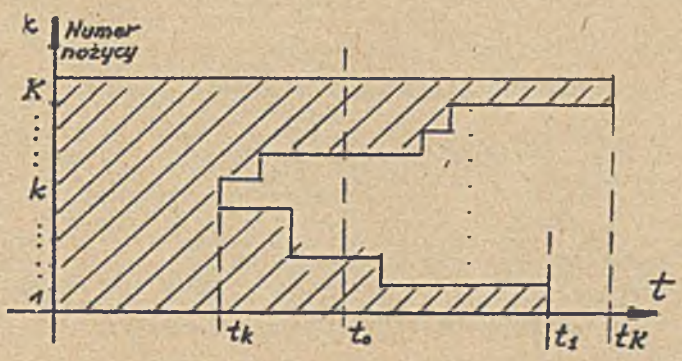
Jeżeli "k-ta" nożyca gilotynowa w chwili "t_o" "zwalnia się", to oznacza, że można na niej rozpocząć wykrajanie następnego asortymentu przygotówek.

Określenie 2: Stan krajalni

Stanem "$p/t_o/$" krajalni w chwili "t_o" nazywamy wektor:

$$p/t_o/ = \begin{bmatrix} p_1/t_o/ \\ \vdots \\ p_k/t_o/ \\ \vdots \\ p_K/t_o/ \end{bmatrix} \qquad /10/$$

Proces produkcji krajalni i odpowiednie stany, można przedstawić tak jak na rys. 1.



Rys. 1. Stan krajalni

Tak więc w chwili "t_o" stan "k-tej" nożycy jest zerowy, natomiast stany nożycy pierwszej i ostatniej /1 i K/ są dodatnie. Oznacza to, że nożyca "k-ta" w chwili "t_o" nie jest obciążona /jest wolna od chwili $t_k < t_o$/, a nożyce "1" i "K" są obciążone do chwili odpowiednio: "t_1" i "t_K".

Dyspozytor krajalni podejmuje decyzję o rozpoczęciu wykrajania nowego asortymentu przygotówek w chwili, gdy zwalnia się co najmniej jedna z nożyc gilotynowych - są to chwile istotne dla sterowania.

Określenie 3: Stan istotny krajalni

Stan "$p[t(\xi)]$" krajalni jest istotny, jeżeli w chwili "$t/\xi/$" co najmniej jedna współrzędna wektora /10/ jest zerem.

Chwile "t_i", w których stan krajalni "$p[t(\xi)]$" jest istotny, nazywamy czasami własnymi krajalni.

Jeżeli w chwili "t_o" stan krajalni nie jest istotny, to przejście do najbliższego stanu istotnego odbywa się wg wzoru:

$$p\left[t/1/\right] = \left[p/t_o/ - \min_k p_k/t_o/\right] \mathbb{1}\left[t_k - t/1/\right] \qquad /11/$$

$$\text{gdzie:} \quad t/1/ = \min_k t_k \qquad /12/$$

W chwili "$t/1/ = t_k$" można podjąć decyzję o realizacji wykrajalnia przygotówek na "k - tej" nożycy /lub na kilku zwolnionych/. Formalnie można to przedstawić w postaci wektora realizacji:

$$\tau = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \vdots \\ \tau_k \\ \tau_K \end{bmatrix} \qquad /13/$$

gdzie: τ_k - czas realizacji wybranego asortymentu przygotówek na "k-tej" nożycy.

Zatem po uwzględnieniu wektora /13/ otrzymamy stan krajalni:

$$p^*\left[t/1/\right] = p\left[t/1/\right] + \tau \qquad /14/$$

Przejście /14/ jest możliwe jeśli istnieje asortyment możliwy do realizacji na "k-tej" nożycy. Ponadto wyłania się problem wyboru z alternatywnych przygotówek oraz określenie długości serii przygotówek. Kryterium tego wyboru jest maksymalizacja wydajności krajalni. Kryterium maksymalizacji wydajności krajalni można dogodniej rozważać, jako minimalizację realizacji zamówienia /2/ prasowni.

4. Koncepcja algorytmu harmonogramowania procesu produkcyjnego na krajalni

Rozważając koncepcję algorytmu harmonogramowania produkcją Krajalni założymy, że dane są wszystkie elementy bazy danych omówione w punkcie 2. Ponadto algorytm powinien uwzględnić następujące postulaty:

- dla realizacji wybranej przygotówki wybieramy blachę o najwyższym możliwym priorytecie;
- długość serii wykrajania pewnej przygotówki jest ograniczona od dołu przez /8/ i od góry przez /2/;
- zamówienia /2/ mogą być realizowane partiami o odpowiedniej długości serii;
- zamówienia mogą być realizowane partiami z blachy o różnym priorytecie;
- w przypadku, gdy na k-tej nożycy można realizować pewne alternatywne przygotówki, to wybieramy przygotówkę o największej do-

puszczalnej grubości.

Po uwzględnieniu tych postulatów można podać koncepcję harmonogramu w postaci uproszczonego schematu blokowego /rys. 2/.
Można zauważyć, że spełnione są wymienione wyżej postulaty. Ostatni z nich można łatwo spełnić, jeżeli uporządkuje się wektor zamówień $\underline{W}_n$ wg zmniejszającej się grubości blachy, co praktycznie stosunkowo łatwo uzyskać. Opis programu:

1. Wczytanie danych;
2. Obliczanie pierwszego stanu istotnego /k-ta nożyca zwolniona/
3. Wybranie pierwszego niezerowego zamówienia W_n /wektor uporządkowany, wg zmniejszającej się grubości blachy/;
4. Czy na nożycy k można ciąć wytłoczkę n ?

   Jeżeli nie, bierzemy następne zamówienie do realizacji. Jeżeli po przeszukaniu całego wektora $\underline{W}$ żadnej wytłoczki nie można realizować na nożycy k obliczamy następny stan istotny i wracamy do 3;

   Jeżeli tak:
5. Znajdujemy blachę m do realizacji wytłoczki n z priorytetem i;
6. Czy blacha jest w magazynie blach?

   Jeżeli nie, zwiększamy priorytet o 1 i szukamy nowej blachy, sprawdzając czy jest w magazynie.
   Jeżeli nadal blachy nie ma po przejściu przez wszystkie priorytety, szukamy nowej wytłoczki do realizacji;
7. Jeżeli tak, sprawdzamy czy blachy wystarczy na całe zamówienie? Jeżeli nie, sprawdzamy czy seria z istniejącej ilości jest większa od minimalnej, jeżeli tak dzielimy zamówienie i wykonujemy jego część obliczając τ_k, aktualizujemy $\underline{A}$, $\underline{W}$, $\underline{p}$ i wracamy do obliczania następnego stanu istotnego. Jeżeli nie, zwiększamy priorytet o 1 i szukamy blachy zastępczej. Jeżeli tak, realizujemy całe zamówienie i obliczamy τ_k oraz aktualizujemy $\underline{A}$, $\underline{W}$, $\underline{p}$ i wracamy do obliczenia następnego stanu istotnego.

5. Uwagi i wnioski.

Przedstawiona koncepcja algorytmu harmonogramowania produkcji krajalni blach karoseryjnych została pokazana dla uproszczonego modelu procesu nie uwzględniającego zmiennych w czasie ograniczeń wynikających z magazynu blach i magazynu przygotówek. Uwzględnienie ograniczeń harmonogramowania wynikających ze szczegółowego procesu technologicznego stanowi dalszy etap pracy nad systemem informatycznym dla tłoczni. Także osobnym tematem jest sprawa optymalizacji procesu cięcia blach przyjmując za kryterium minimalizację odpadów. Problemem tym w referacie się nie zajmowano przyjmując go za rozwiązany.

LITERATURA

[1] Marecki F.: "Formalizacja matematyczna procesu wytłaczania blach karoseryjnych".
Seminarium nt. "Zastosowania symulacji cyfrowej"
Politechnika Śląska Gliwice 1976.

[2] Szendzielorz K.: "Harmonogramowanie produkcji krajalni w FSM Tychy."
Seminarium Zespołu Automatyzacji Prac Projektowo - Konstrukcyjnych; Politechnika Śląska, Gliwice 1978 r.

[3] Marecki F.: "Koncepcja harmonogramowania produkcji krajalni blach karoseryjnych".
Seminarium Zespołu Automatyzacji Prac Projektowo - Konstrukcyjnych; Politechnika Śląska, Gliwice 1978 r.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАФИКОВ РАБОТ В ЦЕХЕ РЕЗАНИЯ КАРОСЕРИЙНЫХ ЛИСТОВ

Р е з ю м е

В работе представлен производственный процесс в цехе резания листов. Вводится формальное описание процесса и предлагается простой алгоритм определения графиков работы.

THE CONCEPT OF WORK SCHEDULING IN THE PROCESS OF IRON SHEET CUTTING

S u m m a r y

In the paper the cutting process of iron sheets is presented. For the mathematical description of the process the concept of the proper state is utilized. An algorithm of scheduling is given.