

WYBÓR PROCESU TECHNOLOGICZNEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE METALURGICZNYM

J. PIĄTKOWSKI¹, F. BINCZYK², J. SZYMSZAL³

Politechnika Śląska, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, POLSKA

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wspomaganą komputerowo metodę podejmowania decyzji odnośnie wyboru procesu technologicznego, ze szczególnym uwzględnieniem ekonomicznych aspektów podziału elementów, np. w zagadnieniach rozkroju arkuszy blachy. W takim przypadku uwzględnia się ilość uzyskiwanych elementów (przy minimalizacji powstałego odpadu), wyznaczono przy pomocy modułu Solver, jako narzędzia optymalizacyjnego arkusza kalkulacyjnego Excel.

Key words: analysis metallurgic, linear optimisation, Solver module

1. WPROWADZENIE

Podejmowanie decyzji przy wielu kryteriach oceny jest szukaniem kompromisu w sytuacji konfliktu kryteriów. Menedżer analizujący plany produkcyjne musi wyważyć decyzję, który wariant wybrać, aby osiągnąć spodziewany zysk. Wytwórcze podmioty gospodarcze stanowią obszar działania wielu problemów decyzyjnych, których podjęcie ułatwiają wspomagane komputerowo procedury, wykorzystujące optymalizacyjne modele rozwiązywane w arkuszach kalkulacyjnych [1]. Identyfikacja problemu polega na ustaleniu celów, dokonaniu opisu rozwiązania za pomocą zmiennych decyzyjnych oraz określeniu kryteriów ograniczających. Do rozwiązywania tego typu problemów decyzyjnych często stosuje się programowanie liniowe bazujące na algorytmie simplex, jako procedury iteracyjnej, w której zależności są funkcjami liniowymi [2, 3].

¹ Dr inż. – adiunkt, jarpia@polsl.katowice.pl

² Dr hab. inż. – prof. Pol. Śląskiej,

³ Dr inż. – adiunkt

2. BUDOWA MODELU MATEMATYCZNEGO

Model zadania programowania liniowego zastosowany do określenia wyboru procesu technologicznego składa się z warunków ograniczających i brzegowych oraz funkcji celu w postaci liniowej. W budowie matematycznego modelu zagadnienia rozkroju arkusza blachy, przyjęto następujące oznaczenia:

a_{ij} – ilość stosowanych procesów technologicznych (dla: $i = 1, 2, \dots, p$ oraz $j = 1, 2, \dots, n$),

p – liczba dostępnych środków produkcji,

n – liczba możliwych zabiegów technologicznych (sposobów cięcia),

x_j – zmienne decyzyjne czyli intensywność, z jaką mogą być stosowane poszczególne procesy technologiczne (dla $j = 1, 2, \dots, n$),

b_i – limity asortymentu (dla $i = 1, 2, \dots, p$),

c_j – uzyskany odpad ze sposobów rozkroju.

Ilość przyjętych zabiegów technologicznych (a_{ij}) razy wielkość zmiennych decyzyjnych (x_j) powinny być niższe od limitów wymaganego asortymentu (b_i), wg zależności:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i \quad (\text{dla } i = 1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

Dodatkowym ograniczeniem jest konieczność przyjęcia ilości zmiennych decyzyjnych jako liczb całkowitych (integer), co określono zależnością:

$$x_j = \text{int} \quad (\text{dla } j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

W rozpatrywanym zagadnieniu, przy jednoczesnym spełnieniu podanych ograniczeń (1) funkcja celu przyjmie wartość optymalną (minimalną):

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \rightarrow \min \quad (3)$$

Przedstawiony model matematyczny zagadnienia przydziału sprowadza się do wyznaczenia różnych sposobów rozkroju surowca (arkusza blachy) dając pożądane elementy (części o określonym kształcie) w różnych ilościach. Wybrane sposoby podziału stanowią poszczególne procesy technologiczne (a_{ij}), przy uwzględnieniu minimalnej wielkości odpadu ($F(x) \rightarrow \min$). Przez intensywność danego zabiegu (sposobu rozkroju) należy uznać liczbę jednostek surowca rozkrojonych wybranym sposobem, którego koszt jednostkowy jest utożsamiany z wielkością odpadu (c_{ij}), jaki powstaje po zastosowaniu określonego rodzaju cięcia.

3. PROBLEM ROZKROJU ARKUSZA BLACHY – STUDIUM PRZYPADKU

Wybrane przedsiębiorstwo branży metalurgicznej rozważa produkcję czterech rodzajów kształtek o umownym symbolu: K_1 , K_2 , K_3 i K_4 . Z analizy technologiczności ustalono, że wsad (standardowe arkusze blachy) do produkcji kształtek można poddać jednemu z sześciu rodzajów rozkroju, które łącznie z wielkościami odpadu przedstawia tabela 1.

Tablica 1. Sposób cięcia i odpady
Table 1. Kind of selection and limits

Rodzaj kształtki	Sposoby rozkroju arkusza blachy*					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
K_1	8	4	6	8	1	0
K_2	12	6	2	0	8	4
K_3	5	10	2	12	8	9
K_4	1	3	8	5	9	7
Odpad [m^2]	0,6	0,9	1,0	1,6	0,8	1,2

* - sposób rozkroju C_1 zapewnia uzyskanie: 8 sztuk kształtek K_1 , 12 sztuk kształtek K_2 , 5 sztuk kształtek K_3 oraz 1 kształtki K_4 , z czego odpad wynosi 0,6 m^2 itd.

W celu rozwiązania postawionego zadania decyzyjnego, należy dokonać wyboru optymalnego procesu technologicznego (sposobów cięcia standardowych arkuszy blachy), zapewniając uzyskanie najmniejszych strat (odpadów) przy uwzględnieniu następujących warunków ograniczających, wynikających ze specyfiki charakteru prowadzonej produkcji przedsiębiorstwa (4):

$W_1 - K_1 - \geq 150$ –zakład musi wyprodukować co najmniej 150 sztuk kształtek K_1 ,

$W_2 - K_2 - \leq 280$ –zakład może wyprodukować co najwyżej 280 sztuk kształtek K_2 ,

$W_3 - K_3 - \leq 250$ –zakład musi wyprodukować co najwyżej 250 sztuk kształtek K_3 ,

$W_4 - K_4 - \geq 80$ –zakład musi wyprodukować co najmniej 80 sztuk kształtek K_4 ,

$W_5 - K_4 - \leq 120$ –zakład może wyprodukować co najwyżej 120 sztuk kształtek K_4 ,

$W_6 - K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = 800$ – zdolność produkcyjna zakładu wynosi dokładnie 800 sztuk.

Rozwiązanie zadania decyzyjnego polega na wyborze rodzajów cięcia i określeniu ich ilości przy założeniu, że powstały odpad będzie jak najmniejszy.

Oprócz charakteru optymalnego procesu technologicznego, należy podać wielkość łącznego, minimalnego odpadu oraz liczbę wyciętych w ten sposób kształtek (przy zadanych ograniczeniach).

4. ROZWIĄZANIE ZADANIA – IMPLEMENTACJA W EXCELU

Dane początkowe zadania optymalizacyjnego, zawarte w tabl. 1 wprowadzono do Excela, którego fragment arkusza przedstawiono na rysunku 1.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Wybór procesu technologicznego (problem rozkroju)						
2							
3	Rodzaj	Sposób rozkroju 1 arkusza blachy					
4	kształtki	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
5	K ₁	8	4	6	8	1	0
6	K ₂	12	6	2	0	8	4
7	K ₃	5	10	2	12	8	9
8	K ₄	1	3	8	5	9	7
9	Odpad [m ²]	0,6	0,9	1,0	1,6	0,8	1,2

Rys. 1. Fragment arkusza kalkulacyjnego z danymi wstępnymi.
Fig. 1. Fragment of spreadsheet's sheets with first files.

Na podstawie ustalonego kryterium opłacalności (uzyskanie minimalnego odpadu ze sposobów rozkroju arkusza blachy), funkcję celu (3) dla przedstawionego zadania decyzyjnego należy określić w oparciu o następującą zależność:

$$F(x) = 0,6 \cdot x_1 + 0,9 \cdot x_2 + 1,0 \cdot x_3 + 1,6 \cdot x_4 + 0,8 \cdot x_5 + 1,2 \cdot x_6 \rightarrow \min \quad (5)$$

gdzie:

x_j – wybrany sposób cięcia (dla $j=1+6$)

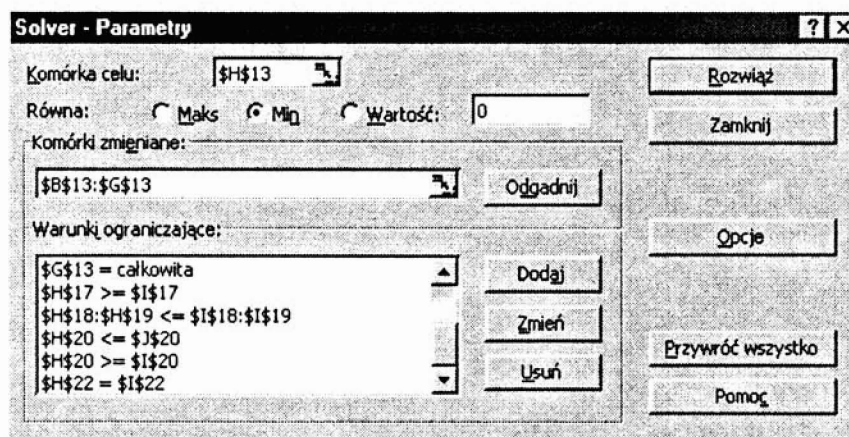
Kolejnym etapem uzyskania rozwiązania optymalnego jest wprowadzenie warunków ograniczających z odpowiednimi znakami (4) oraz ilości zmiennych decyzyjnych (liczby całkowite) (2), co przedstawiono na rysunku 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8									
9									
10									
11		Sposób rozkroju 1 arkusza blachy							
12	Zmienne	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Funkcja celu	
13	decyzyjne	0	0	0	0	0	0	0	
14									
15	Warunki	Sposób rozkroju 1 arkusza blachy						Lewa strona	Prawa strona
16	ogr.	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆		
17	W ₁	8	4	6	8	1	0	0	150
18	W ₂	12	6	2	0	8	4	0	280
19	W ₃	5	10	2	12	8	9	0	250
20	W ₄ i W ₅	1	3	8	5	9	7	0	80
21		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄				120
22	W ₆	0	0	0	0			0	800
23									
24									
25									

Rys. 2. Funkcja celu i warunki ograniczające.
Fig. 2. Function aim and restrictive conditions.

Po wprowadzeniu danych optymalizacyjnych, z menu „Narzędzia” uruchomiono moduł Solver, określono wartość funkcji celu (H13), blok komórek zmiennych decyzyjnych, całkowitoliczbowych, (B13÷G13) oraz warunki ograniczające (B17÷G22) wraz z ich prawymi i lewymi stronami (H17÷I22).

Okno dialogowe „Solver Parametry” przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Okno dialogowe Solver-Parametry.

Fig. 3. Window dialogue Solver – Parameters.

Wybór modelu liniowego i zainicjowanie dodatnich wartości zmiennych decyzyjnych powoduje uruchomienie rozwiązania optymalizacyjnego zadania rozkroju, co przedstawiono na rysunku 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
9	Odpad [m ²]	0,6	0,9	1,0	1,6	0,8	1,2		
10									
11		Sposób rozkroju 1 arkusza blachy						Funkcja celu	
12	Zmienne	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆		
13	decyzyjne	15	10	0	2	5	0	25,2	
14									
15	Warunki	Sposób rozkroju 1 arkusza blachy						Lewa	Prawa
16	ogr.	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	strona	strona
17	W ₁	8	4	6	8	1	0	181	150
18	W ₂	12	6	2	0	8	4	280	280
19	W ₃	5	10	2	12	8	9	239	250
20	W ₄ i W ₅	1	3	8	5	9	7	100	80
21		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄				120
22	W ₆	181	280	239	100			800	800

Rys. 4. Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego.

Fig. 4. Solution of assignment optimisation.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione na rysunku 4 rozwiązanie optymalizacyjnego zagadnienia wyboru procesu technologicznego, na przykładzie rozkroju arkusza blachy wskazuje na uzasadniony ekonomicznie wybór 15 cięć sposobem C₁, 10 cięć sposobem C₂, 2 cięcia sposobem C₄ i 5 cięć sposobem C₅. Wartość zera w komórkach D13 i G13 uzasadnia ekonomicznie rezygnację sposobu rozkroju arkusza blachy według metody C₃ i C₆. Wybór wskazanych rodzajów cięcia zapewnia łączny, minimalny odpad w wysokości 25,2 m² w rozwiązaniu optymalnym. Warto zwrócić uwagę na dwukrotny wybór sposobu C₄, chociaż odpad w tym przypadku jest największy i wynosi aż 1,6 m². Uzyskanie minimalnej funkcji celu powoduje uzyskanie 181 sztuk kształtek K₁, 280 sztuk kształtek K₂, 239 kształtek K₃ oraz 100 sztuk kształtek K₄. Suma otrzymanych produktów wynosi dokładnie 800. Tak więc, wszystkie ograniczenia i założone warunki optymalizacji zostały spełnione.

Wybór procesu technologicznego, jak i jego stała kontrola na każdym odcinku produkcji, może mieć kluczowe znaczenie podczas podejmowania strategicznych rozwiązań decyzyjnych, a dostępne arkusze kalkulacyjne z wbudowanymi modułami optymalizacyjnymi stanowią istotne „narzędzie” dla obecnych menedżerów.

LITERATURA

- [1] J. Szymuszal, L. Blacha: *Wspomaganie decyzji optymalnych w metalurgii i inżynierii materiałowej*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, (2003).
- [2] K. Kukula: *Badania operacyjne w przykładach i zadaniach*. Wydawnictwo Naukowe, PWN, Warszawa (2001).
- [3] T. Szapiro: *Decyzje menedżerskie z Excelem*. PWE, Warszawa, (2000).

SELECTION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN METALLURGICAL COMPANY

Silesian Technical University, Department of Alloys and Composites Technology,
Kraśńskiego 8 st. 40-019 Katowice, POLAND

SUMMARY

In this work method of taking of decision was introduced helped by computer regarding selection of technological process with special case of problem of division. Problem selection of sheet metal with regard of quantity of got elements at minimization of form waste Solver were marked at help of module, as optimisation method of spreadsheet's program Excel.

Recenzował prof. Józef Gawroński