

## SYSTEMOWA KONCEPCJA STEROWANIA ZAPASAMI MATERIAŁOWYMI W ODLEWNIACH

Roman WRONA

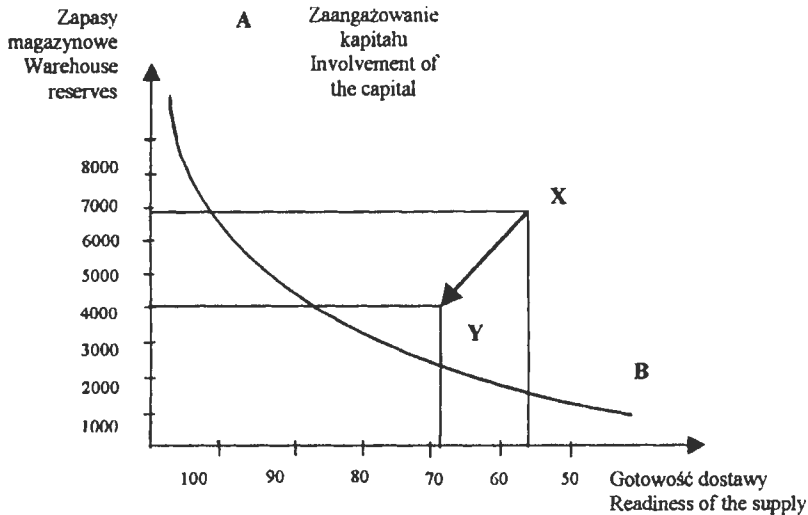
Wydział Odlewnictwa, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

W strukturze produkcyjnej odlewni zapasy materiałowe decydują o sprawności jej gospodarowania. Wielkość zapasów uzależniona jest od rodzaju produkcji oraz od czynników niezależnych od odlewni, do których zalicza się: własności materiałów tworzących zapas, kształtowanie się popytu na poszczególne materiały, warunki dostaw, itp.

Pełne rozpoznanie czynników wpływających na wielkość zapasów, umożliwi świadome sterowanie zapasami na poziomie produkcyjno niezbędnym i finansowo opłacalnym. Te dwa zagadnienia są treścią artykułu i ujęto je w ramy koncepcji systemowej. Funkcje zapasów scharakteryzowano w kilku kryteriach decyzyjnych. Między innymi są to decyzje logistyczne, decyzje dotyczące akceptowanego poziomu ryzyka, określające efektywność gospodarowania oraz w zakresie kontroli produkcji.

### 1. Planowanie zaopatrzenia materiałowego

Istotnym elementem majątku obrotowego w odlewniach niezależnie od formy organizacyjno-prawnej, są zapasy. Ogólnie występują one w postaci surowców i materiałów formierskich, rdzeniowych, wsadowych oraz w postaci produkcji nie zakończonej jak również gotowych odlewów. Od zarządzania zapasami zależy ostateczny rezultat działalności odlewni w postaci dodatniego wyniku finansowego. Im większe zapasy magazynowe, tym wyższe zamrożenie kapitału; lecz wyższy jest także stopień pewności prowadzenia produkcji. Duże zapasy magazynowe np. odlewów zapewniają wysoką gotowość dostawy do odbiorcy. Niestety przebiega to kosztem rentowności odlewni. Niewielkie zapasy powodują małe zamrożenie kapitału. Zmniejsza się jednocześnie gotowość do szybkiej realizacji zamówień. Na rys. 1 [4], przedstawiono zależności pomiędzy wielkością zapasów i zamrożonego kapitału, a stopniem gotowości dostawy. Wektor XY wskazuje kierunek działań, w zależności od celu jaki jest realizowany w zakładzie.



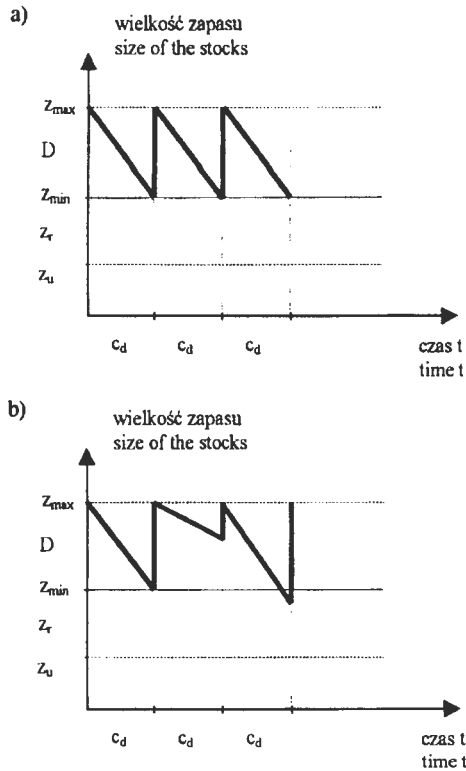
Rys. 1. Zależność pomiędzy wielkością zapasów magazynowych i zamrożeniem kapitału, a stopniem gotowości dostaw

Fig. 1. Subordination of the amount of the warehouse reserves and the lock-up of the capital to the level of the readiness of the supply

## 2. Model realizacji dostaw

Model realizacji dostaw powinien być częścią kompleksowego programu zarządzania w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Najprostszym modelem mogącym mieć zastosowanie w warunkach równomiernego zużywania się zapasów produkcyjnych jest model stałego cyklu dostaw i stałej wielkości dostaw (rys. 2a) [2].

Warunkiem funkcjonowania tego modelu jest stabilność warunków dostaw. Jakikolwiek zakłócenie stabilności wymaga zabezpieczenia w postaci zapasu rezerwowego. Na rys. 2b przedstawiono model stałego cyklu i zmiennej wielkości dostaw. Wielkość dostaw wynika z pewnego okresu planowania lub ograniczeń nałożonych przez dostawcę materiałów. W pewnych sytuacjach w gospodarce zapasami może funkcjonować model zmiennego cyklu i stałej wielkości dostawy, w którym podstawą jest norma zamawiania danego materiału. Norma ta wynika z poziomu zapasu przy którym następuje uruchomienie kolejnego zamówienia. W praktyce odlewniczej przy produkcji o małych seriach odlewów i zmiennej technologii możliwy jest wariant zmiennego cyklu i zmiennej wielkości dostaw (rys. 3). Podstawowe założenie zakłada, że dostawy mogą być zamawiane tylko w określonych momentach czasu. Natomiast warunkiem złożenia zamówienia jest wyczerpanie zapasu poniżej punktu zamawiania.



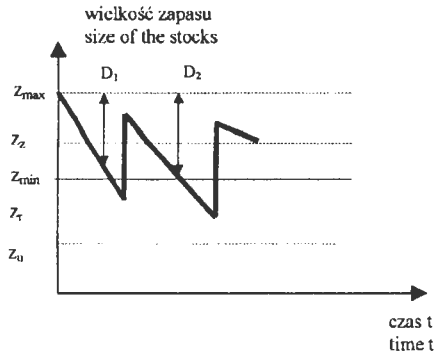
Rys. 2. Model stałego cyklu dostaw: a – stałej wielkości dostaw, b – zmiennej wielkości dostaw  
Fig. 2. Model of the constant cycle of the supplies: a – of the constant size of the supplies, b – of the inconstant size of the supplies

### 3. Wielkość dostaw

W procesie sterowania zapasami główny związek łączy takie wielkości jak: cykl dostaw, wielkość pojedynczej dostawy, natężenie zużycia zapasów.

$$D_i = c_{d_i} \cdot \bar{z}_{d_i} \quad (1)$$

w którym:  $c_{d_i}$  - cykl dostaw i-tego materiału,  
 $\bar{z}_{d_i}$  - średnie dzienne zużycie i-tego materiału,  
 $D_i$  - wielkość dostawy i-tego materiału.



Rys. 3. Model zmiennego cyklu i zmiennej wielkości dostaw [3]

Fig. 3. Model of the inconstant cycle and of the inconstant size of the supplies

W sytuacji gdy w określonym przedziale czasu zużycie zapasów jest równomierne i dokładnie rozpoznane, można stosować następujący wzór [3]:

$$D_{i_{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot z_{p_i} \cdot k_{z_i}}{k_{m_i} \cdot T}} \quad (2)$$

w którym:  $D_{i_{opt}}$  – optymalna wielkość dostawy  $i$ -tego asortymentu materiału,

$z_{p_i}$  – zapotrzebowanie na  $i$ -ty materiał w okresie planistycznym  $T$ ,

$T$  – okres objęty planowaniem,

$k_{z_i}$  – jednostkowy koszt zamówienia jednej partii  $i$ -tego materiału niezależny od wielkości partii,

$k_{m_i}$  – koszt magazynowania jednostki  $i$ -tego materiału jako funkcja czasu.

Jeżeli w trakcie procesu produkcyjnego wystąpi brak danego materiału, to należy w trybie awaryjnym zrealizować dostawę. W takiej sytuacji wielkość dostawy uzupełniającej (powstały brak w zapasach) określa się wg następującej zasady:

$$D_{i_o} = \sqrt{2 \cdot \frac{z_{p_i} \cdot k_{z_i}}{k_{m_i} \cdot T}} \cdot \sqrt{\frac{k_{c_i}}{k_{m_i} + k_{c_i}}} \quad (3)$$

$k_{c_i}$  – różnica w cenie  $i$ -tego materiału zamawianego w trybie awaryjnym w stosunku do zamówienia planowego.

Z zależności (3) można wnioskować, że przy wielkości  $D_{i_o}$ , koszty utworzenia i utrzymania zapasów będą minimalne.

Przy zapotrzebowaniu okresowym wynoszącym:

$$z_{p_{i_o}} = \sqrt{2 \cdot \frac{z_{p_i} \cdot k_{z_i}}{T \cdot k_{m_i}}} \cdot \sqrt{\frac{k_{m_i} + k_{c_i}}{k_{z_i}}} \quad (4)$$

uruchomienie zamówienia na materiał powinno nastąpić gdy brak w stanie zapasów kształtuje się na poziomie  $z_{p_{i_0}} - z_{i_0}$ . Ważną rolę w procesie planowania zapasów odgrywa częstotliwość dostaw. Okres czasu pomiędzy kolejnymi zamówieniami wyznacza się z zależności (5):

$$c_{d_{ij}} = \sqrt{2 \cdot \frac{T \cdot k_{z_i}}{z_{p_i} \cdot k_{m_i}}} \cdot \sqrt{\frac{k_{m_i} \cdot k_{c_i}}{k_{z_i}}} \quad (5)$$

w której:  $c_{d_{ij}}$  – cykl j-tej dostawy i-tego materiału.

Podana procedura obliczeń uwzględnia sytuację, gdy zapotrzebowanie na dany materiał w całym okresie planowania jest stałe lub zmienia się z pewnym prawdopodobieństwem w kolejnych przedziałach czasu.

#### 4. Wielkość zapasu rezerwowego

Ustalenie zapasu rezerwowego wynika z potrzeby zabezpieczenia się przed nagłym wyczerpaniem zapasów spowodowanym zwiększonym zużyciem materiałów np. przy uruchamianiu nowej produkcji.

Wielkość takiego zapasu można określić z zależności (6) [3]:

$$z_{r_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (c_{d_{ij}} - \bar{c}_{d_i}) \cdot D_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} D_{ij}} \cdot \bar{z}_{d_i} \quad (6)$$

w której:  $c_{d_{ij}}$  – cykl j-tej dostawy i-tego asortymentu,  
 $\bar{c}_{d_i}$  – średni cykl dostaw,  
 $D_{ij}$  – wielkość j-tej dostawy i-tego asortymentu,  
 $\bar{z}_{d_i}$  – średnie dzienne zużycie i-tego asortymentu materiału.

#### 5. Poziom zamawiania

W literaturze ekonomicznej poziom zamawiania oznacza wielkość zapasu przy której uruchamia się nowe zamówienie. Wielkość tę oblicza się następująco [ 2 ]:

$$z_{z_i} = \bar{c}_{d_i} \cdot \bar{z}_{d_i} + z_{m_i} \quad (7)$$

gdzie:  $z_{z_i}$  – poziom zamówienia i-tego materiału,

$z_{m_i}$  – zapas minimalny i-tego materiału.

Występująca w zależności (7) wartość średniego cyklu dostaw  $\bar{c}_{d_i}$ , zbliżona do wymagań w odlewniach można obliczyć z zależności (8):

$$\bar{c}_{d_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} D_{ij} \cdot c_{d_{ij}}}{\sum_{i=1}^{n_i} D_{ij}} \quad (8)$$

Zależność ta uwzględnia średnią arytmetyczną cykli dostaw i ważonych wielkości dostaw.

## 6. Wielkość zapasu uzupełniającego

Jest to zapas, który gwarantuje ciągłość procesu wytwórczego. Wielkość zapasu oblicza się według wzoru:

$$z_{u_i} = \bar{c}_{p_i} \cdot \bar{z}_{d_i} \quad (9)$$

gdzie:  $\bar{c}_{p_i}$  – średni cykl odbioru i przygotowania materiału do produkcji

## 7. Wielkość zapasu minimalnego i maksymalnego

Normę zapasu minimalnego oblicza się z zależności:

$$z_{\min_i} = z_{r_i} + z_{u_i} \quad (10)$$

W przypadku gdy w planowaniu zapasów uwzględnia się optymalną wielkość dostawy, wówczas określa się normę zapasu maksymalnego:

$$z_{\max_i} = D_{i_{opt}} + z_{\min_i} \quad (11)$$

Ustalenie normy zapasu maksymalnego następuje równoległe z ustaleniem poziomu zamawiania lub wielkości zapasu zabezpieczającego.

## 8. Podsumowanie

Problem zapasów materiałowych w odlewniach jest ważny z kilku względów wzajemnie powiązanych ze sobą:

- które materiały i surowce powinny być przedmiotem magazynowania?
- ile poszczególnych materiałów należy magazynować?
- w jakiej ilości należy je zamawiać, aby odtworzyć poziom zasobów magazynowych?
- kiedy należy składać zamówienie w celu uzupełnienia poziomu zapasów?
- jak projektować strukturę przestrzenną składowisk wraz z wielkością powierzchni przeznaczoną na składowanie tychże materiałów?

Wykraczające poza normę zapasy wskazują na:

- nieprawidłowe ustalenie zdolności produkcyjnych w poszczególnych oddziałach odlewni,

- błędną ocenę sytuacji na rynku,
- zbyt duże zapasy rezerwowe,
- nieprawidłową organizację planowania zapotrzebowania materiałowego.

Zarządzanie zapasami materiałowymi jest procesem decyzyjnym. Dlatego w zależności od funkcji i rodzaju zapasu w działalności produkcyjnej, zakres decyzji może być różny. Syntetyczne zestawienie przedstawia tabela 1.

Tabela 1

<b>Rodzaje zapasów</b>				
Materiały		Produkcja nie zakończona	Wyroby gotowe	
<b>F U N K C J E  Z A P A S Ó W</b>	<b>Decyzje logistyczne</b>			
	przepływ materiałów	wybór dostawcy i rodzaju transportu	projektowanie składowisk (np. materiałów formierskich i wsadowych, braki, odpady)	projektowanie ciągów transportowo-dystrybucyjnych
	<b>Decyzje w zakresie odlew proces technologiczny</b>			
	rotacja	wielkość zamówienia, cykle dostaw	wielkość partii odlewów, termin uruchomienia i organizacja produkcji	wysyłka, wykonanie zamówienia
	<b>Decyzje w zakresie akceptowanego poziomu ryzyka</b>			
	zapas buforowy (normatywny)	zmiennosc przyszłego zapotrzebowania, podaży	stopień wykorzystania zespołów technologicznych, zdolność produkcyjna	poziom zaspokojenia potrzeb klienta
	<b>Decyzje określające efektywność gospodarowania</b>			
	dochód	poziom cen zaopatrzeniowych i kosztów transportu	wydajność, koszty produkcji	likwidacja zapasów i utrata klienta, utrzymanie zapasów i wzrost kosztów (zamrożenie)
	<b>Decyzje w zakresie kontroli produkcji</b>			
	rynek	siła przetargowa dostawców	wymuszona – niewymuszona kolejność operacji produkcyjnych	siła przetargowa nabywców

Tabelę 1. opracowano na podstawie materiałów z pozycji [2].

### Literatura

1. Hellwig Z. "Elementy rachunku ekonomicznego" PWE. W-wa 1985.
2. Martyniak Z. "Nowoczesne metody zarządzania produkcją" Wyd. AGH. Wyd. Zarządzania, Kraków 1996.

3. Sadowski W. "Elementy ekonometrii i prognozowania matematycznego" Praca zbiorowa. PWN. W-wa 1985.
4. Wrona R. "Zastosowanie metody ABC do diagnozowania systemu odlewni" Acta Metallurgica, Slovaca, 2/98, Rocznik 4.

Recenzował: prof. nadzw. dr hab. inż. Stanisław Dobosz