

Piotr KISIEL<sup>1</sup>

## OPIS SYSTEMU TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO W ZAKŁADZIE PRODUKCJI STALI

*System produkcyjny huty surowcowej stali jest układem o niezwyklej wprost złożoności. Z jednej strony mamy agregaty technologiczne o bardzo zróżnicowanych czasach operacji i ściśle określonych parametrach podawanego materiału, z drugiej strony mamy rozbudowany system transportu, w którym niestety występują konflikty maszynowe. Jest to uciążliwe zwłaszcza podczas obsługi urządzeń pracujących w sposób ciągły. Dodatkowo dywergencyjny charakter produkcji sprawia, że poprawność działania transportu wewnętrznego w zakładzie jakim jest huta surowcowa stali jest niezwykle istotna.*

## SPECIFICATION OF INTERNAL TRANSPORT SYSTEM IN STEELWORKS

*Production system of a steelworks is a highly complex. On the one hand there are technological units which have deferent operation time and determined parameters of feeding material, but on the other hand there is a developed transport system in which there appears machines conflict. It is very onerous, mainly during maintenance of machines which works in continuous mode. Moreover the divergent character of production makes the inner transport system in steelworks essential.*

### 1. WSTĘP

Transport wewnętrzny jest bardzo ważnym elementem procesu produkcyjnego, wpływającym na jego sprawność techniczną i ekonomiczną. Nowoczesny proces produkcyjny to szereg kolejnych przemieszczeń materiału, między którymi lub podczas których dokonywane są operacje technologiczne przetwarzające materiał wyjściowy w gotowy wyrób [1]. Zła organizacja transportu może być przyczyną poważnych zakłóceń przebiegu całego procesu produkcyjnego, powodując między innymi:

- przerwy w pracy maszyn i urządzeń na skutek nieterminowych dostaw materiałów lub odbioru gotowych wyrobów,
- zwiększenie potrzebnej powierzchni odkładczej i magazynowej (zbyt rzadkie dostawy i odbiór materiałów oraz wyrobów),
- zmniejszenie rzeczywistego wykorzystania maszyn i urządzeń produkcyjnych (a więc zmniejszenie produkcji) w wyniku nieterminowości dostaw materiału.

---

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków; al. Mickiewicza 30.  
Tel: +48 12 617-39-63, E-mail: pikisiel@poczta.agh.edu.pl

Analiza systemu transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie jakim jest huta surowcowa stali jest niezwykle skomplikowanym zadaniem. Dywergencyjny charakter produkcji oraz olbrzymi strumień materiałów, który należy przemieścić często z odległych miejsc sprawia, że system transportu wewnętrznego jest niezwykle rozbudowany. Ilość i różnorodność środków transportu wewnętrznego sprawia, że wpływa on niekiedy w sposób decydujący na przebieg procesu technologicznego, a tym samym na wyniki techniczne i ekonomiczne produkcji. Zapewnienie rytmiczności dostaw w zakładzie jakim jest huta surowcowa stali jest niezwykle istotna [7].

W celu uzyskania optymalnej efektywności produkcji, należy zapewnić ciągłość dostaw ciekłej stali o określonych parametrach, które zmieniają się w trakcie jej przemieszczania pomiędzy kolejnymi urządzeniami. Różnorodność wyrobów, zarówno pod względem kształtów, wymiarów jak i gatunków produkowanej stali powoduje, że czas przejścia przez poszczególne urządzenia technologiczne jest różny dla każdego wyrobu. Wyznaczenie czasu realizacji poszczególnych zadań napotyka jednak na trudności ze względu na występujące koincydencje różnych wytopów przy tych samych stanowiskach ciągu technologicznego oraz konieczność dokonywania wyboru kolejności wykonywania operacji [3].

Niezwykle istotnym etapem opisu tak skomplikowanego i rozbudowanego systemu transportowego jest jego prawidłowa identyfikacja.

Identyfikacja [6] to działanie inicjujące procedurę modelowania. Polega ono na wygenerowaniu z istniejącego fragmentu rzeczywistości tych wszystkich jej elementów, które są niezbędne z uwagi na: potrzeby, możliwości, warunki, ograniczenia oraz obiekt, przedmiot, cel i zakres zainteresowania. Określa się tu również identyfikację strukturalnych, funkcjonalnych i rozwojowych aspektów modelowania [8].

Ze strukturalnego punktu widzenia interesują nas pytania:

- jakie elementy tworzą system;
- jakie relacje tworzą strukturę;
- jakie elementy i relacje są istotne ze względu na cel;
- jak struktura systemu wpływa na funkcję;
- jak otoczenie może wpływać na zmianę struktury.

W identyfikacji strukturalnej ujawniane są pytania dotyczące:

- funkcji i procesów realizowanych w systemie;
- zachowania się systemu w danych warunkach;
- organizacji wykonania procesów w systemie;
- pożądanego przebiegu procesów;
- związku cech systemu z badaną własnością.

Z punktu widzenia aspektu rozwojowego odpowiedzi wymagają pytania o:

- kierunek zmian struktury systemu;
- wpływ zmian struktury na funkcjonowanie;
- wpływ dynamiki na zmiany strukturalne;
- sposób sterowania rozwojem, zapewniający pożądane zmiany.

Identyfikacja oznacza w istocie dekompozycję na różnych poziomach hierarchicznych: systemu, otoczenia, procesu i wszystkich związanych z nim atrybutów.

W najbardziej ogólnym ujęciu identyfikacja sprowadza się do dekompozycji rzeczywistości na: system, otoczenie i relacje między nimi, z uwzględnieniem wymaganej potrzebami dekompozycji tych elementów na ich elementy składowe.

Dekompozycja nie może zmieniać panującej przed jej dokonaniem równowagi. Analiza relacji pomiędzy systemem a resztą rzeczywistości, jako jego otoczeniem, pozwala ustalić, których relacji ze względu na ich istotność odrzucić nie można i z jakimi funkcjonalnymi częściami otoczenia relacje te zachodzą. Pozwala to wydzielić z otoczenia związane w sposób istotny z systemem otoczenie bliższe i odrzucić resztę jako otoczenie dalsze.

W przeprowadzeniu identyfikacji wykorzystuje się powszechnie elementy matematyki i statystyki a także różne metody opisowe i graficzne[2,4,5].

## **2. SYSTEM TRANSPORTOWY WYDZIAŁÓW GORĄCYCH HUTY SUROWCOWEJ STALI**

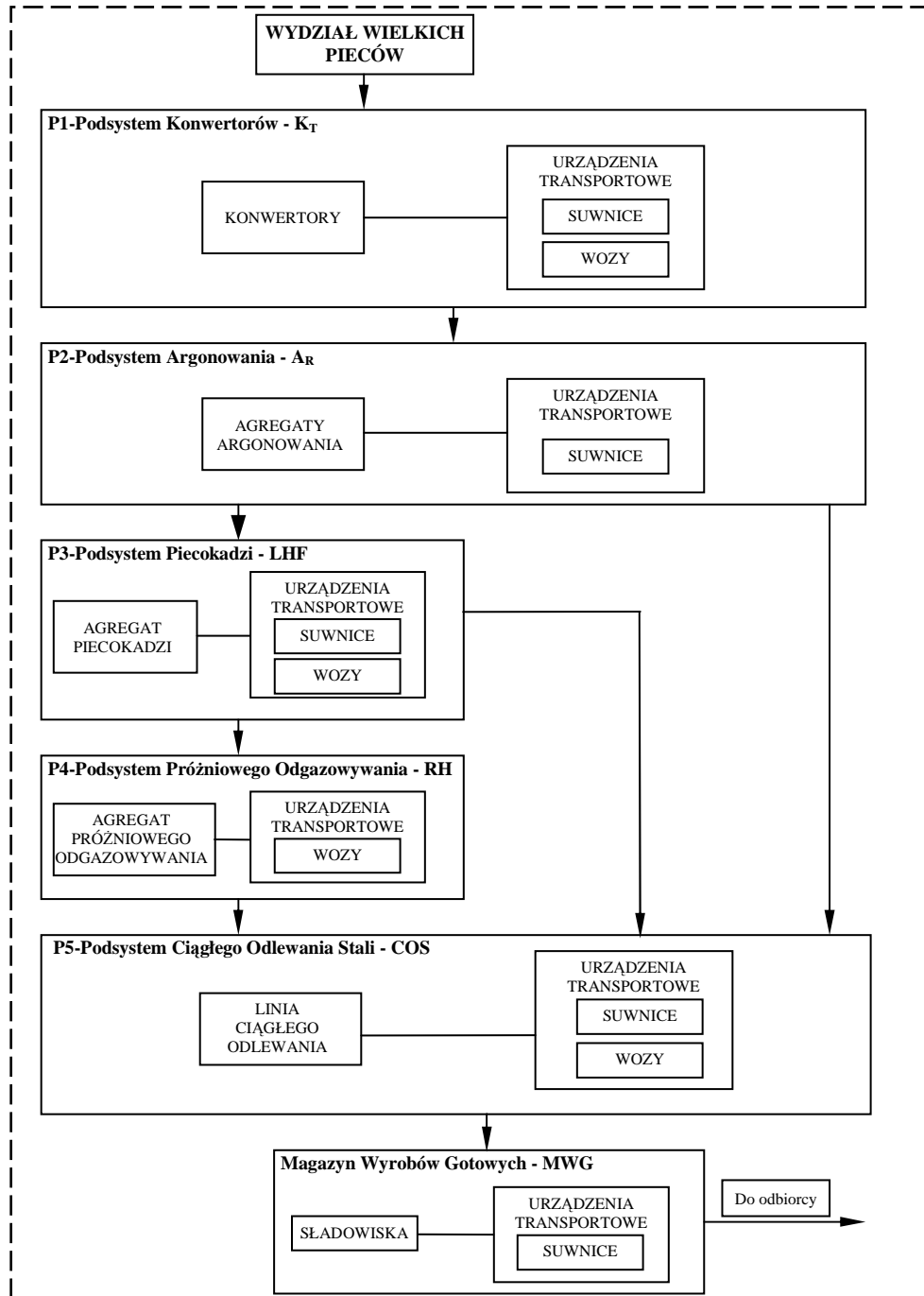
Celem określenia systemu transportu materiału w systemie odlewania stali wyodrębniono z systemu produkcyjnego podsystemy, które wpływają bezpośrednio na działanie obiektu badań. Zdecydowano o wyodrębnieniu pięciu podstawowych podsystemów. Są to:

- PP1 – podsystem konwertorów;
- PP2 – podsystem argonowania;
- PP3 – podsystem piecokadzi;
- PP4 – podsystem próżniowego odgazowywania;
- PP5 – podsystem Ciągłego Odlewania Stali.

Dodatkowo w każdym podsystemie wyodrębniono agregaty produkcyjne i główne urządzenia transportowe biorące udział w realizacji procesu produkcyjnego.

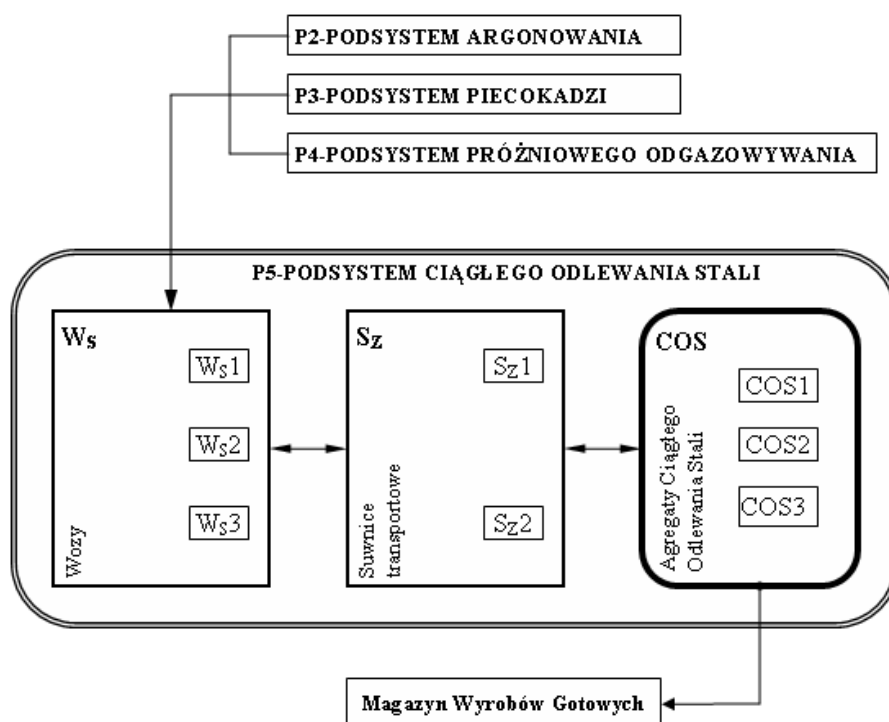
Na rysunku 1 przedstawiono dekompozycję Systemu Odlewania Stali.

Dekompozycji dokonano na sześć podstawowych podsystemów produkcyjnych. W każdym z podsystemów wyodrębniono i poddano analizie relacje zachodzące między agregatami produkcyjnymi i urządzeniami transportowymi. Wzięto pod uwagę także relacje występujące pomiędzy poszczególnymi urządzeniami transportowymi, a także między nimi a przewożonym materiałem. Pozwoliło to w późniejszym etapie prac na budowę modeli komputerowych opisujących poszczególne podsystemy produkcyjne.



Rys. 1. Dekompozycja Systemu Odlewania Stali

Podsystem P5 jest to ostatni z podsystemów biorących udział w procesie produkcyjnym Systemu Odlewania Stali. Urządzeniami transportowymi w badanym podsystemie są wozy  $W_S$  których zadaniem jest przewiezienie kadzi z ciekłym metalem na halę COS. Kadzie są pobierane przez suwnice transportowe  $S_Z$ , i podawane na agregaty produkcyjne. Schemat struktury podsystemu P5 przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Schemat struktury podsystemu ciągłego odlewania stali

Identyfikacja systemu transportu Podsystemu Ciągłego Odlewania Stali sprowadza się w istocie do analizy struktury rzeczywistej UC (Universe of Discourse and Couplings) relacji i powiązań podsystemu.

System jest dany przez:

$$PP5 = [E_{P5}, R_{P5}], \quad (1)$$

Przy czym zbiór elementów  $E_{P1}$  tworzą:

$$E_{P5} = \{UP5, UT5, D5\}, \quad (2)$$

gdzie:

$UP5 = \{K_{COS1+3}\}$ ,  
 $K_{COS}$  – agregaty ciągłego odlewania stali.

$UT5 = \{W_{S_{z1+2}}, W_{S_{1+3}}\}$  – urządzenia transportowe, przy czym:  
 $W_S$  – wozy,  
 $S_Z$  – suwnice transportowe.

Najważniejszymi parametrami ruchowymi suwnic są:

- prędkość jazdy mostu;
- prędkość jazdy wózka;
- prędkość podnoszenia i opuszczania ładunku.

Najważniejszym parametrem ruchowym wozu jest prędkość przejazdu.

$D5 = \{D_{S_{z1+2}}, D_W\}$  – zbiór dróg transportowych.

Elementami zbioru dróg transportowych są:

- a.  $D_{S_{z1+3}}$  – tory suwnic transportowych  $S_Z$ .  
 Suwnica może przemieszczać się wzdłuż 3 torów:  
 $D_{S_1}$  – tor jazdy mostu;  
 $D_{S_2}$  – tor jazdy wózka;  
 $D_{S_3}$  – tor podnoszenia lub opuszczania ładunku.

W systemie PP5 może występować kilka suwnic  $S_Z$ , stąd zbiór torów suwnic jest następujący:

$D_{S_z} = \{D_{S_{z1i}}, D_{S_{z2i}}; i = 1...k\}$   
 gdzie:  $k = 1+3$  – liczba suwnic.

- b.  $D_W$  – tory wozów  $W_S$ .

Relacje  $R_{p5}$  wystąpią zawsze pomiędzy elementami systemu transportowego odpowiadającego za przemieszczanie materiału, relacje te nazwano relacjami transportowymi. W badanym systemie jest więcej niż jedno urządzenie przemieszczające materiał po tej samej drodze zaistnieją więc relacje torowe. Jako że ciekły metal jest transportowany do agregatów produkcyjnych, występują dodatkowo relacje dostawy i odbioru.

W klasie systemu transportu kręgów PP5 wyróżniono zatem 4 grupy relacji:

1. relacje transportowe;
2. relacje torowe;
3. relacje dostawy;
4. relacje odbioru.

Ad. 1. Relacje transportowe  $L_i$ .

Są to relacje występujące między wybranymi ciągami elementów urządzeń

$$U = \{S_Z, W_S\} \quad (3)$$

- a. Relacje między suwnicami transportowymi  $S_Z$ , a wozami  $W_S$ .

$L_t(S_{Zi}, W_{Sj})$ , gdzie  $i = 1 \div 2, j = 3$ .

Ad. 2. Relacje torowe  $L_d$ .

Przyjęto, że relacje torowe  $L_d$  zachodzą między elementami  $U_i = (U_{ij}, \dots, U_{ik}) \in U$ , czyli między urządzeniami tego samego podzbioru  $U_i$ .

$$L_d(U_{ij}, U_{ik}), U_i \in U, j \neq k. \quad (4)$$

a. Relacja między suwnicami transportowymi  $S_{Zi}$ .

Ponieważ suwnice  $S_{Zi}$  przemieszczają się po tym samym torze  $d_i \in D$ , to pomiędzy „sąsiednimi” suwnicami zachodzą relacje torowe:

$$L_d(S_{Zi}, S_{Zi+1}), i = 1 \div 2. \quad (5)$$

Ad. 3. Relacja dostawy  $L_{do}$ .

Elementami wchodzącymi w relację dostawy są: suwnice transportowe  $S_{Zi}$  i agregaty produkcyjne COS.

$COS_{1 \div 3}$  (agregaty ciągłego odlewania stali).

$$L_{do}(S_{Zi}, COS_{T1 \div 3}). \quad (6)$$

Ad. 4. Relacja odbioru  $L_{od}$ .

Zachodzi między agregatem produkcyjnym  $K_{T1 \div 3}$  i: suwnicami transportowymi  $S_{Ki}$   
 $L_{od}(COS_{T1 \div 3}, S_{Zi})$

Zbiór wszystkich relacji transportowych  $L_t$ , torowych  $L_d$ , dostawy  $L_{do}$  i odbioru  $L_{od}$  jest częścią UC systemu ST1.

$$L = \{ L_t, L_d, L_{do}, L_{od} \}. \quad (7)$$

Wyodrębnione w ten sposób powiązania i relacje między urządzeniami transportowymi i agregatami produkcyjnymi pozwolą na prawidłowe ustalenie priorytetów przejść materiału przez poszczególne węzły, a tym samym ułatwi to poprawne zbudowanie modelu komputerowego.

### 3. WNIOSKI

Analiza rzeczywistego systemu transportu wewnętrznego wymaga zebrania wielu szczegółowych danych o całkowitym przepływie materiału od jego źródła, aż do magazynu wyrobów gotowych. W celu dokonania poprawnej identyfikacji tak złożonego systemu wskazane wydaje się być zastosowanie teorii systemów. Dzięki temu możliwe jest wyodrębnienie relacji zachodzących między elementami systemu transportowego i produkcyjnego, a także co jest nie mniej istotne, relacji między różnymi współpracującymi urządzeniami transportowymi. Wykonana analiza posłużyła do oceny

efektywności działania systemu transportowego i pozwoliła w dalszych pracach na eliminację występujących w procesie transportu konfliktów. Dodatkowym atutem tego podejścia jest określenie wąskich gardeł procesu produkcyjnego i transportowego. Dzięki temu możliwe jest ich usunięcie lub, w razie braku takiej możliwości, odpowiednia reakcja na nie poprzez zmianę harmonogramu działań i maksymalizacji wykorzystania „słabego ogniwa“.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dylewski A., Arszyłowicz J.: *Środki transportu wewnętrznego w przemyśle maszynowym*. WNT, Warszawa 1971.
- [2] Karwat B., Kisiel P., Machnik R., Michłowicz E.: *Modelowanie systemu transportu technologicznego przy wykorzystaniu pakietu komputerowego*. XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna, Zarządzanie w Przedsiębiorstwie część 2, Szczyrk 28 czerwca – 1 lipca 2006, Częstochowa 2006.
- [3] Karwat B., Kisiel P., Łebkowski P., Machnik R., Michnowicz E., Niedźwiedzki J.: *Modelowanie procesów przepływu materiałów w zakładach wytwarzania stali*. Monografie Akademii Górniczo-Hutniczej, WIMiR nr 33, Kraków 2007.
- [4] Kisiel P.: *Wykorzystanie komputerowego pakietu symulacyjnego przy podejmowaniu decyzji*. Problemy Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Seria Monografie nr 3. Kraków 2005
- [5] Michłowicz E.: *Podstawy logistyki przemysłowej*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2002.
- [6] Mynarski S.: *Elementy teorii systemów i cybernetyki*. PWN, Warszawa 1979.
- [7] Romaniuk S.: *Transport wewnętrzny w hutach*. WSiP, Warszawa 1972.
- [8] Ziemia S. (red): *Badania systemów eksploatacyjnych. t II*. Ossolineum, Warszawa 1984.