

Sławomir KUKLA

Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki

ZARZĄDZANIE EKSPLOATACJĄ AUTOMATYCZNYCH LINII ODLEWNICZYCH WSPOMAGANE TECHNIKĄ SYMULACYJNĄ

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania techniki symulacyjnej w zarządzaniu produkcją odlewów żeliwnych z uwzględnieniem zagadnień związanych z obsługą automatycznych linii odlewniczych. Wykorzystując narzędzia analizy statystycznej określono rozkłady czasu poprawnej pracy poszczególnych urządzeń linii na poziomie istotności $\alpha=0,05$ i na tej podstawie zbudowano harmonogram obsługi linii. Zagadnienie przedstawiono wykorzystując do tego celu pakiet do modelowania i symulacji systemów produkcyjnych – ARENA.

MANAGEMENT OF THE EXPLOITATION AUTOMATIC FOUNDRY LINES AIDED THROUGH SIMULATION TECHNIQUE

Summary. This paper presents the possibility of the application simulation technique in planning of the cast iron production and take into account problems connected with service of the automating foundry lines. Decompositions of the correct work time of the lines devises was estimated on the significance level $\alpha=0,05$ through application of the statistic analysis tools. This problem was presented trough utilization of the computer software to modelling and simulation production systems - ARENA.

1. Wprowadzenie

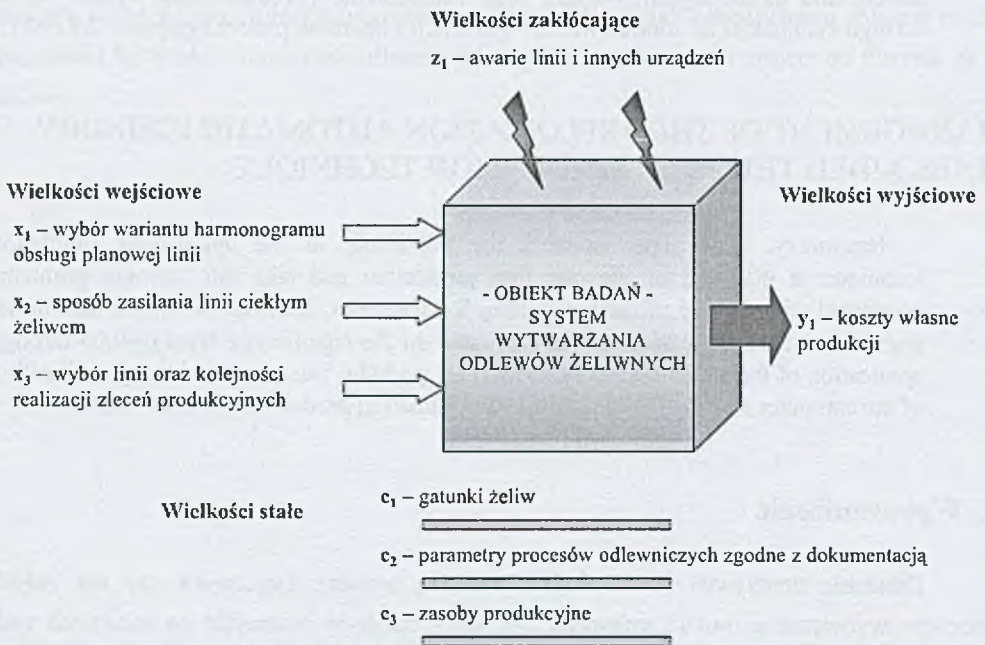
Działanie rzeczywistych obiektów, przebieg zjawisk fizycznych czy też całych procesów wytwarzania można sprawdzać we współczesnym przemyśle na modelach tych obiektów lub zjawisk, unikając w ten sposób kosztownych lub niejednokrotnie niemożliwych do przeprowadzenia prób przemysłowych.

Przedmiotem modelowania w przemyśle odlewniczym są przede wszystkim podstawowe procesy związane z wytworzeniem odlewu, takie jak: wypełnienie formy ciekłym metalem, krzepnięcie metalu związane z zasilaniem i kształtowaniem się struktury materiału czy też

stygnięcie związane z powstawaniem naprężeń i pęknięć w odlewie oraz formie. Odmiernym zagadnieniem w tej gałęzi przemysłu jest modelowanie i symulacja funkcjonowania większych urządzeń przemysłowych oraz podsystemów, takich jak np. automatyczne linie odlewnicze, stacje przerobu mas formierskich czy też rdzeniarnie. Można także modelować i symulować pracę całej odlewni. W tym przypadku istota modelowania nie polega na matematycznym opisie zjawisk fizycznych występujących w danym obiekcie, lecz na opisie powiązań funkcjonalnych między elementami badanego obiektu i czynnikami zewnętrznymi. Ten typ modeli nie doczekał się jeszcze gotowego oprogramowania komputerowego do zastosowań w przemyśle odlewniczym, ale istnieją pakiety uniwersalne do modelowania i symulacji systemów produkcyjnych (np. ARENA, SIMPLE+), które można wykorzystać do tego typu zadań [2, 3, 5].

2. Charakterystyka obiektu badań

Obiektem badań w pracy jest system wytwarzania odlewów żeliwnych na automatycznych liniach odlewniczych o szeregowej strukturze niezawodnościowej (rys. 1).

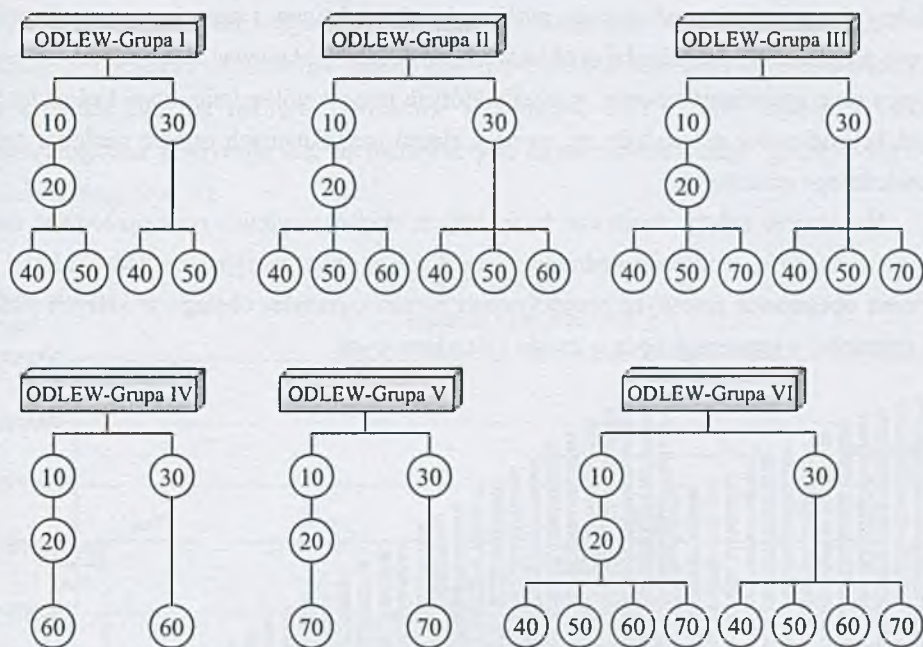


Rys. 1. Model obiektu badań – system wytwarzania odlewów żeliwnych na automatycznych liniach odlewniczych

Fig. 1. Model of the object testing – manufacturing system of the cast iron casting on the automatic foundry lines

Linie zasilane są ciekłym żelazem (szarym lub sferoidalnym) przygotowanym w piecach elektrycznych łukowych lub indukcyjnych. Ciekłe żelazo transportowane jest w kadziach na stanowiska zalewania linii odlewniczych.

Poszczególne zlecenia produkcyjne mogą być realizowane na jednej, dwóch lub więcej liniach o poziomym lub pionowym podziale formy, w przypadku gdy opracowana jest dokumentacja wytwarzania dla alternatywnych procesów (rys. 2).



Rys. 2. Grafy-drzewa wariantów procesów przygotowania ciekłego żelaza, formowania i zalewania form

Fig. 2. Graphs of the variants cast iron preparation and forming and casting forms processes

Tabela 1

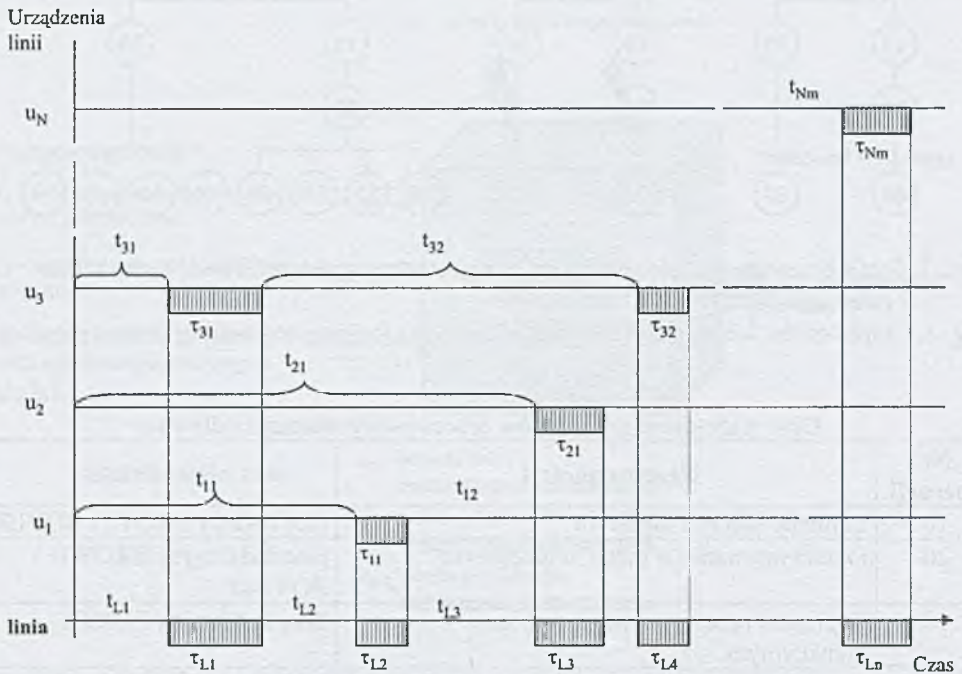
Opis grafu-drzewa wariantów procesów wytwarzania odlewów

Nr operacji	Nazwa operacji	Stanowisko
10	Topienie w piecu łukowym	piec łukowy BROWN BOVERI
20	Przetrzywanie w piecu indukcyjnym	piec indukcyjny BROWN BOVERI
30	Topienie i przetrzymywanie w piecu indukcyjnym	Piec indukcyjny FOMET
40	Formowanie i zalewanie na linii horyzontalnej	Linia A
50	Formowanie i zalewanie na linii horyzontalnej	Linia B
60	Formowanie i zalewanie na linii Disamatic	Linia C
70	Formowanie i zalewanie na linii Disamatic	Linia D

3. Zarządzanie eksploatacją linii odlewniczych

Uwzględniając niski stopień wykorzystania automatycznych linii odlewniczych, stanowiących najsłabsze ogniwo systemu produkcji odlewów, należałoby zastanowić się nad problemem racjonalnego ich wykorzystania. Pozytywne efekty w tym zakresie można osiągnąć poprzez odpowiednio prowadzoną działalność prewencyjną oraz lepszą organizację procesu produkcyjnego. Biorąc pod uwagę możliwości produkcyjne i organizacyjne odlewni w zakresie prowadzenia działalności profilaktycznej należałoby planować te zabiegi na dni wolne od pracy oraz na zmiany robocze, w czasie których poszczególne linie mogą być wyłączone z produkcji odlewów ze względu np. na brak zleceń produkcyjnych czy też niedobór żeliwa odpowiedniego gatunku [1].

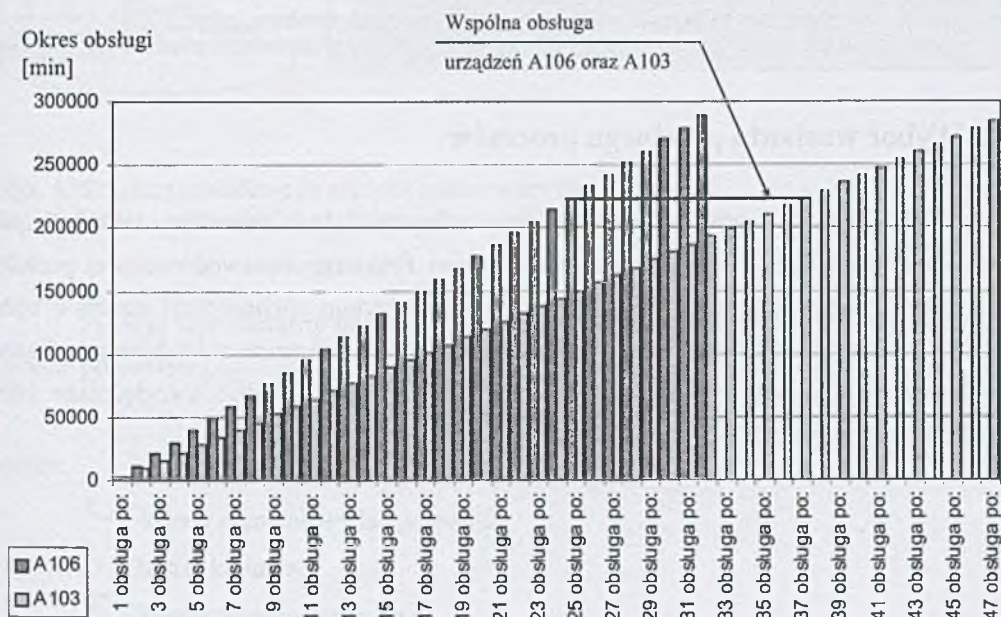
Na wstępie należy zbudować bazę danych eksploatacyjnych oraz opracować model obsługi elementów linii uwzględniający możliwości organizacyjne zakładu. Model ten powinien obejmować metodykę projektowania harmonogramów obsługi, w których terminy tych czynności wyznaczane będą w czasie kalendarzowym.



Rys. 3. Przebieg pracy linii odlewniczej o szeregowej strukturze niezawodnościowej
Fig. 3. Timework runs of the foundry line about reliability structure in series

Zaprojektowanie odpowiednich harmonogramów powinno wpłynąć na lepsze zabezpieczenie od strony organizacyjno-technicznej obsługi automatycznych linii i tym samym zmniejszyć straty z tytułu postoju. Okresy obsługi powinny być tak dobrane, aby jak najlepiej wykorzystać potencjalną trwałość urządzenia (zespołu, elementu), a jednocześnie ograniczyć do minimum przypadki obsługi wymuszonej.

Po oszacowaniu parametrów rozkładów czasów poprawnej pracy poszczególnych urządzeń linii metodami statystycznymi oraz estymacji przedziałowej nieznannej wartości średniej na poziomie ufności 0,95 należy przystąpić do budowy harmonogramu obsługi [7]. W przypadku gdy dla różnych elementów składowych linii terminy obsługi wynikające z harmonogramu pokrywają się, to należy z tych elementów utworzyć grupę o wspólnym okresie obsługi (rys. 4).



Rys. 4. Obsługa urządzeń linii w ciągu roku – tworzenie grup o wspólnym okresie obsługi
Fig. 4. Lines device maintenance during the year – preparing groups about common service period

Istnieje możliwość sporządzenia wielu wariantów harmonogramu obsługi wynikających z możliwości organizacyjnych zakładu. Jako racjonalną metodę, zapewniającą prawidłowe zaprojektowanie takich harmonogramów oraz skorelowanie ich z

harmonogramem produkcji, zaproponowano technikę modelowania i symulacji komputerowej. Efekty wdrożenia wybranych harmonogramów proponuje się sprawdzić na komputerowym modelu systemu i wybrać wariant najlepszy.

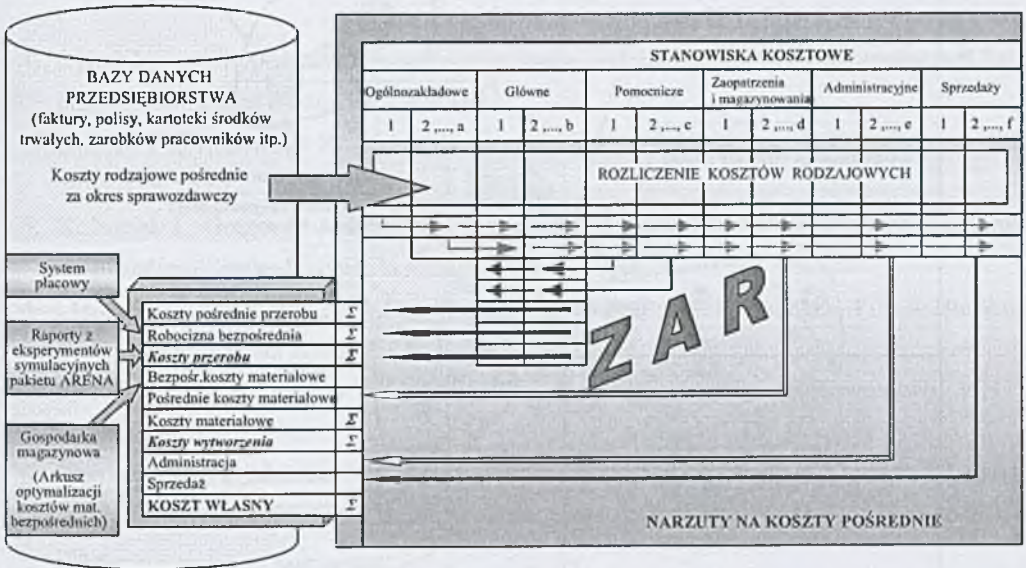
Plan przeprowadzania doświadczeń symulacyjnych na modelu symulacyjnym sporządzono na bazie planu dynamicznego optymalizacyjnego sekwencyjnego pojedynczego [6].

Ustalono następującą kolejność czynników badanych:

- x_1 – wybór harmonogramu obsługi planowej linii opracowanego na podstawie badań statystycznych,
- x_2 – reprezentuje schemat zasilania poszczególnych linii odlewniczych ciekłym metalem z pieców łukowych i indukcyjnych,
- x_3 – uzależnia przebieg procesów od wyboru linii, na której będzie realizowane dane zlecenie oraz od kolejności zalewania uwzględniającej zmiany gatunków żeliw.

4. Wybór wariantu przebiegu procesów

Do wyboru wariantu przebiegu procesów produkcji odlewów żeliwnych na automatycznych liniach odlewniczych o szeregowej strukturze niezawodnościowej posłuży analiza rozwiązań w sensie Pareto (rys. 6), gdzie kryterium optymalizacji stanowić będą koszty własne produkowanych odlewów wyznaczone na podstawie zakładowego arkusza rozliczeniowego kosztów (rys. 5), a kryterium jakości i czasu będzie uwzględniane jako dodatkowe ograniczenie [4].



Rys. 5. Schemat zakładowego arkusza rozliczeniowego

Fig. 5. Scheme of the settlement of accounts establishment sheet

Funkcję celu stanowiąc będzie poniższe sformułowanie określające minimalne koszty własne produkcji:

$$f(k_{mb}, k_k, k_{st}^{st}, k_{st}^z) \rightarrow \min$$

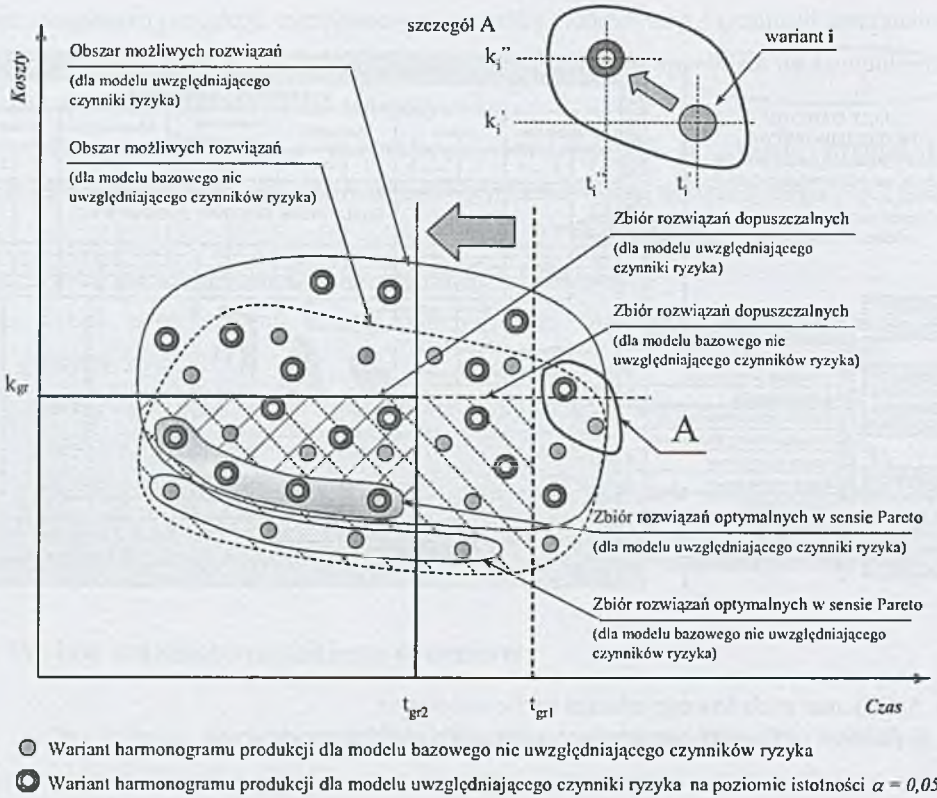
gdzie:

k_{mb} – koszty materiałowe bezpośrednie,

k_k – koszty kooperacji,

k_{st}^{st} – koszty stanowiskowe stałe,

k_{st}^z – koszty stanowiskowe zmienne.



Rys. 6. Optymalizacja procesów wytwarzania odlewów żeliwnych oparta na analizie rozwiązań w sensie Pareto

Fig. 6. Optimization of the cast iron casting production processes on the base Pareto analysis

5. Podsumowanie

Symulacja komputerowa pozwoli na zobrazowanie zachowania się analizowanego systemu rzeczywistego w różnych uwarunkowaniach organizacyjnych. Umożliwi rozpatrywanie poszczególnych wariantów harmonogramów produkcji z uwzględnieniem harmonogramów obsługi planowej linii na modelu komputerowym, eliminując konieczność eksperymentowania na systemie rzeczywistym. Tego typu narzędzie stworzy możliwość analizy wpływu sposobu przeprowadzania działań obsługi technicznej automatycznych linii odlewniczych na koszty własne wytwarzanych odlewów.

Literatura

1. Cybulski J.: Polioptymalizacja harmonogramów wymiany elementów automatycznej linii odlewniczej. Praca doktorska, Łódź 1982.
2. Kelton W., Sadowski R. Sadowski D.: Simulation with Arena. WCB/McGraw-Hill, Sewickley 1998.
3. Košturiak J., Gregor M., Mičieta B., Matuszek J.: Projektovanie výrobných systémov pre 21 storočie. Žilinska Univerzita v Žilinie, Žilina 2000.
4. Matuszek J.: Inżynieria produkcji. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Filii w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2000.
5. Perzyk M., Waszkiewicz S., Kaczorowski M., Jopkiewicz A.: Odlewnictwo. WNT, Warszawa 2000.
6. Płonka S., Ogiński L.: Podstawy eksperymentalnej optymalizacji parametrycznej. Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2004.
7. Starzyńska W.: Statystyka praktyczna. PWN, Warszawa 2000.

Abstract

This paper presents the possibility of the application simulation technique in planning of the cast iron production and take into account problems connected with service of the automating foundry lines. Exploitation database to the data recording and data processing about failures and other unexpected standstill of the lines was build Decompositions of the correct work time of the lines devises was estimated on the significance level $\alpha=0,05$ through application of the statistic analysis tools. This problem was presented trough utilization of the computer software to modelling and simulation production systems - ARENA.