

Dobór parametrów skrawania dla obrabiarek pracujących w linii produkcyjnej z wykorzystaniem logiki rozmytej

Selection of cutting parameters for machine tools working in production line using fuzzy logic

PIOTR PAWLUKOWICZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.386

Artykuł przedstawia opis możliwości wykorzystania logiki rozmytej jako narzędzia ułatwiającego modyfikację technologicznych parametrów skrawania w celu likwidacji wąskich gardeł, a tym samym uzyskania potokowego charakteru pracy linii produkcyjnej z uwzględnieniem obróbki wielozabiegowej oraz wielonarzędziowej realizowanej na linii produkcyjnej.

SŁOWA KLUCZOWE: obróbka skrawaniem, logika rozmyta, balansowanie linii produkcyjnej, parametry obróbki skrawaniem

The article presents a description of the possible use of fuzzy logic as a tool to facilitate modification of the technological cutting parameters in order to eliminate bottlenecks, and thus strive for pipelined nature of the production line including the multi-passes processing and multi-tool implemented in the production line.

KEYWORDS: machining, fuzzy logic, balancing production line, machining parameters

Podstawowym zadaniem balansowania linii produkcyjnej jest takie rozłożenie zadań produkcyjnych między stacje robocze, aby czasy przestoju poszczególnych stanowisk były jak najmniejsze [1, 6]. Najczęściej spotykanymi parametrami pozwalającymi określić poziom zbalansowania linii produkcyjnej są:

- współczynnik gładkości linii (*Smoothness Index*),
- współczynnik efektywności linii (*Line Efficiency*),
- czas linii (*Time*).

W celu przeprowadzenia balansowania linii produkcyjnej stosuje się cztery główne metody:

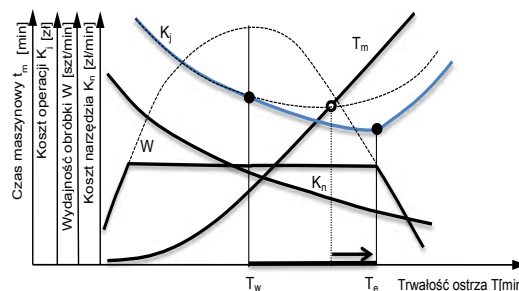
- przeniesienie operacji (zabiegu) między stanowiskami roboczymi, dzięki czemu na jednym stanowisku następuje skrócenie czasu pracy o czas trwania przesuwanej operacji (zabiegu), natomiast na drugim – jego wydłużenie,
- zmianę liczby stanowisk roboczych przez wprowadzenie równoległego (lub szeregowo-równoległego) przebiegu procesu produkcyjnego,
- zmianę technologii wykonywania wyrobu, pozwalającą na zmianę czasu trwania operacji, np. zastąpienie procesu wiercenia przeciąganiem bądź struganiem frezowaniem,
- zmianę parametrów technologicznych, która teoretycznie pozwala na bardzo płynną regulację czasu pracy stanowiska, jednakże w praktyce jest ograniczona zasadami doboru parametrów skrawania.

Dwie pierwsze metody są wygodne do zastosowania tylko w przypadku produkcji wyrobów, których proces technologiczny składa się z wielu zabiegów, a sąsiednie stacje robocze są co najmniej częściowo technologicznie zamienne. Trzecia może być zastosowana tylko w przypadku,

gdy możliwe jest wykorzystanie alternatywnej technologii wytwarzania charakteryzującej się pożądanym (krótszym) czasem obróbki i akceptowalnymi kosztami. Ostatnia metoda nie ma takich ograniczeń, jednakże jej zastosowanie ma bezpośredni wpływ na koszty obróbki, co jest spowodowane głównie zmianą okresu trwałości ostrza.

Postawienie problemu

Analizując istotę doboru parametrów technologicznych obrabiarek pracujących w linii produkcyjnej, nie można pominąć zagadnienia wąskiego gardła [2], gdyż wymusza ono wydajność pracy wszystkich stacji roboczych w linii produkcyjnej. Likwidację wąskiego gardła można przeprowadzić, stosując jedną z dwóch metod. Pierwszą jest wydłużenie czasu obróbki obrabiarek niebędących wąskim gardłem. Ponieważ wydajność linii jest wymuszona przez wydajność wąskiego gardła, dla pozostałych obrabiarek możliwe jest zmniejszenie prędkości skrawania i tym samym wydłużenie okresu ekonomicznej trwałości ostrza – T_e ; jednocześnie trwałość przy największej wydajności T_w znajduje się w przedziale wymuszonym przez wydajność wąskiego gardła (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg funkcji trwałości ostrza dla obrabiarki niebędącej wąskim gardłem [3]

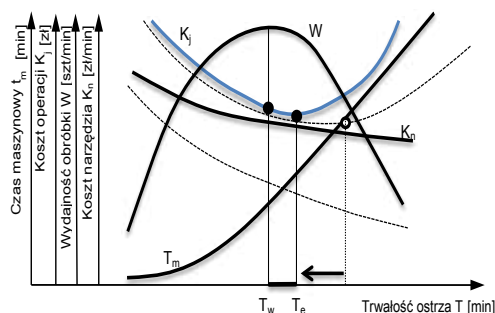
Stosunkowo niewielki koszt narzędzi w obróbce skrawaniem sprawia, że korzyści wynikające z takiej metody balansowania zazwyczaj nie są zbyt duże.

Druga metoda polega na skróceniu czasu obróbki dla obrabiarki będącej wąskim gardłem; podnosi to co prawda koszt narzędzi z powodu skrócenia okresu trwałości ostrza (rys. 2), ale jednocześnie zwiększa wydajność całej linii produkcyjnej i dzięki temu koszty wynikające ze skrócenia okresu trwałości ostrzy pojedynczych narzędzi (wykorzystywanych na jednej obrabiarce) są równoważone wzrostem wydajności kilku, a nawet kilkunastu stacji roboczych. Należy przy tym pamiętać, że zależność trwałości ostrza w funkcji prędkości skrawania ma charakter logarytmiczny [4], co w znacznym stopniu ogranicza zakres zwiększania prędkości skrawania.

* Dr inż. Piotr Pawlukowicz (piotr.pawlukowicz@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

W praktyce występuje wiele czynników wpływających na wybór zabiegu najbardziej predestynowanego do modyfikacji jego parametrów technologicznych oraz zakresu tych modyfikacji. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- koszt narzędzia w analizowanym zabiegu,
- czas maszynowy analizowanego zabiegu,
- wielkość wąskiego gardła,
- koszt użytkowania obrabiarek w linii produkcyjnej,
- zysk jednostkowy.



Rys. 2. Przebieg funkcji trwałości ostrza dla obrabiarki będącej wąskim gardłem [3]

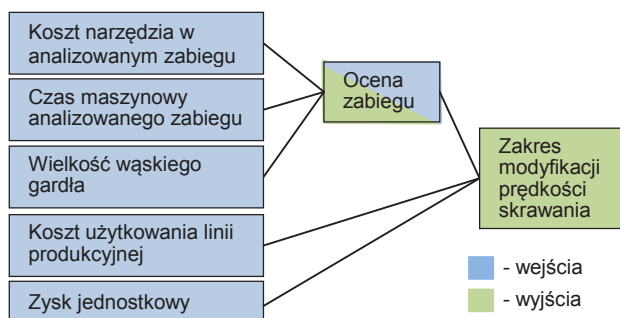
Wskazanie zabiegu najbardziej podatnego na modyfikację parametrów technologicznych, tj. cechującego się najniższym wskaźnikiem zwiększenia kosztów narzędzia w stosunku do poprawy wydajności systemu (zwiększenia prędkości skrawania), wymaga przeprowadzenia dodatkowych obliczeń lub badań symulacyjnych.

Proponowane rozwiązanie

W celu ułatwienia podjęcia decyzji dotyczącej oceny wrażliwości zabiegów (realizowanych na obrabiarce będącej wąskim gardłem) na balansowanie linii produkcyjnej zaproponowano wykorzystanie logiki rozmytej.

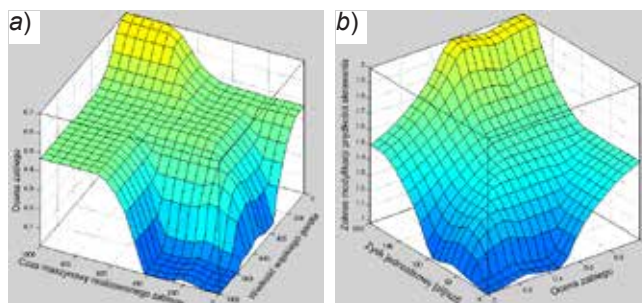
Zaproponowaną metodę należy stosować na drugim etapie doboru technologicznych parametrów skrawania, czyli po przeprowadzeniu pierwszego wyboru z zachowaniem zalecanej kolejności doboru parametrów skrawania: maksymalnej głębokości (zależnego od mocy obrabiarki, sztywności układu OUPN bądź wielkości nadatku), maksymalnego posuwu (dodatkowo z uwzględnieniem chropowatości powierzchni) oraz prędkości skrawania (zdeeterminowanego przede wszystkim trwałością ostrza) [5, 7]. Dzięki temu jedynym modyfikowanym parametrem będzie prędkość skrawania.

Na rys. 3 pokazano schemat stworzonego systemu wnioskowania rozmytego. Dzięki kaskadowej budowie wynik pierwszego etapu wnioskowania (ocena zabiegu), a tym samym czynniki na niego wpływające, oddziałują na drugi etap wnioskowania (zakres modyfikacji prędkości skrawania).



Rys. 3. Schemat budowy systemu wnioskowania rozmytego

Taka organizacja wnioskowania rozmytego powoduje, że w systemie do podejmowania decyzji wykorzystane są jednocześnie dwie bazy reguł, zawierające łącznie znacznie mniej krótszych reguł decyzyjnych. Dzięki temu są one łatwiejsze do utworzenia i weryfikacji. W związku z tym, że zależności wszystkich czynników wykorzystanych w systemie wnioskowania rozmytego można opisać funkcją ciągłą rosnącą lub malejącą, zdecydowano się na wykorzystanie trzech funkcji przynależności do opisu każdego z parametrów wejściowych. Przykładowe wyniki wnioskowania rozmytego, opartego na przykładowych (cząstkowych) parametrach wejściowych dla każdej z baz wiedzy, pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Widok wpływu wybranych parametrów na wyniki wnioskowania rozmytego: a) ocena zabiegu, b) zakres modyfikacji prędkości skrawania

Po wykonaniu obliczeń dla wszystkich zabiegów realizowanych na obrabiarce będącej wąskim gardłem otrzymujemy zestawienie ocen zabiegów w skali 0÷1 (w którym najwyżej oceniane są długie zabiegi realizowane tanimi narzędziami) oraz informację o zalecanym współczynniku zwiększenia prędkości skrawania (dodatkowo uwzględniającą koszt użytkowania linii produkcyjnej oraz zysk wynikający ze zwiększenia wydajności systemu wytwarzania).

Podsumowanie

Zaproponowany system ma na celu ułatwienie podejmowania decyzji przy balansowaniu linii produkcyjnych metodą opartą na modyfikacji czasów maszynowych.

Kolejnym etapem będzie przeprowadzenie walidacji zaproponowanego rozwiązania w oparciu o model symulacyjny. Pozwoli on na zweryfikowanie poprawności doboru parametrów wnioskowania rozmytego dla różnych konfiguracji systemu wytwarzania, marszrut technologicznych oraz przedmiotów obrabianych różniących się procesami technologicznymi. Dodatkowo umożliwi dostrojenie funkcji przynależności oraz baz reguł.

LITERATURA

1. Becker C., Scholl A. "A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing". *European Journal of Operational Research*. Vol. 168, No. 3 (2006): pp. 694÷715.
2. Jardzioch A., Jaskowski J. „Wykrywanie i usuwanie wąskich gardel za pomocą modelowania i badań symulacyjnych”. Materiały konferencyjne *Automatyzacja Procesów Dyskretnych, Teoria i zastosowania*. T. 1, Gliwice 2010.
3. Jardzioch A., Terelak-Tymczyna A., Pawlukowicz P. „Balansowanie linii produkcyjnej z wykorzystaniem wskaźników techniczno-ekonomicznych”. *Mechanik*. R. 88, nr 8÷9 (2015): s. 469÷478.
4. Krzyżaniak S., Kawalec M. „Optymalizacja parametrów skrawania w obróbce jedno- i wielonarzędziowej”, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1985.
5. Olszak W. „Obróbka skrawaniem”. Warszawa: WNT, 2008.
6. Öztürk C., S Tunali S., Hnich B., Örnek A. "Balancing and scheduling of flexible mixed model assembly lines with parallel stations". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 667, Issue 2 (2012), pp. 2577÷2591.
7. Storch B. *Podstawy obróbki skrawaniem*. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, 2001.