

Koncepcja doboru funkcji celu dla optymalizacji przebiegu procesu obróbki ściernej za pomocą algorytmów ewolucyjnych

Concept of the target function selection for the optimization of abrasive machining process using evolutionary algorithms

TOMASZ KRÓLIKOWSKI
 ŁUKASZ RYPINA
 PIOTR NIKOŃCZUK
 BŁAŻEJ BAŁASZ*

Artykuł przedstawia dobór funkcji celu dla optymalizacji przebiegu procesu obróbki ściernej. Metoda przedstawiona w pracy jest znanym narzędziem optymalizacyjnym stąd autorzy uznali, że użycie algorytmów genetycznych z uwzględnieniem dobraneo laboratoryjnie kryterium może dać zadowalające rezultaty optymalizacji procesu.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, optymalizacja procesu, algorytmy genetyczne.

The paper presents the selection of the target function for the optimization of abrasive machining process. The method presented in the paper is a well-known optimization tool. Hence the authors concluded that the genetic algorithms can be used with taking into account the laboratory selected criteria. The optimization process can give satisfactory results.

KEYWORDS: grinding, process optimization, genetic algorithms.

Wstęp

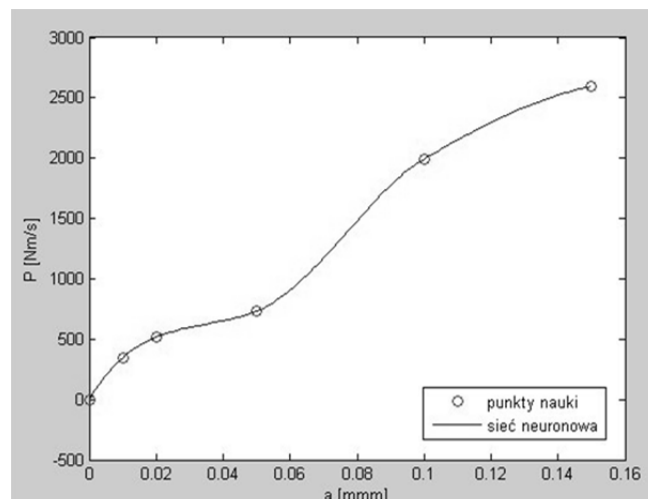
Proces obróbki ściernej jest procesem o wysokim deficycie energetycznym, związanym z usunięciem przez ściernicę części materiału od przedmiotu poddawanego obróbce. Ilość zużytej energii zależy od wielu czynników, między innymi od dosuwu szlifowania. Zależność pomiędzy głębokością skrawania a energią użytą na proces obróbki nie jest liniowa. Oznacza to, że przykładowo tańsza pod względem energetycznym może okazać się kilkukrotna obróbka o mniejszej

głębokości niż jednorazowe zdjęcie grubej warstwy.

Tabela. 1. Zestawienie wartości pomiarów, wyników zwracanych przez sieć neuronową i popełnianych błędów [5]

a [mm]	0	0,01	0,02	0,05	0,15
P [Nm/s]	0	347,648	56,685	733,322	2595,225
P _{NN} [Nm/s]	0	347,379	55,907	733,892	2595,26
ΔP [Nm/s]	0	0,2696	-0,774	-0,5696	-0,0352

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów mocy skrawania w zależności od głębokości obróbki. Rysunek 1 przedstawia przebieg zależności mocy szlifowania od wartości dosuwu skrawania z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej.



Rys. 1 Zależność mocy szlifowania od wartości dosuwu. [5]

* prof. nadzw. dr hab. inż. Tomasz Królikowski (tomasz.krolikowski@tu.koszalin.pl)
 mgr inż. Łukasz Rypina (lukasz.rypina@tu.koszalin.pl)
 dr inż. Piotr Nikończuk (piotr.nikonczuk@zut.edu.pl)
 prof. nadzw. dr hab. inż. Błażej Bałasz (blazej.balasz@tu.koszalin.pl)

Wspomniane wyżej parametry są współzależne oraz wspólnie uzależnione od grubości zdejmowanej warstwy w obróbce ścierniej. W związku z powyższym zadanie optymalizacji z uwzględnieniem powyższych parametrów może być utrudnione przy wykorzystaniu klasycznych metod optymalizacji. Użytecznym narzędziem w rozwiązywaniu tego typu zadań optymalizacji mogą być algorytmy ewolucyjne (genetyczne). Algorytmy ewolucyjne stosowane są w wielu problemach, między innymi do optymalizacji dróg ewakuacyjnych [3], zadań transportowych [6] czy też zaawansowanych postaci regulatorów odpornych [2, 4]. Co prawda optymalizacja za pomocą algorytmów ewolucyjnych nie daje nigdy nam gwarancji że uzyskamy rozwiązanie w pełni optymalne, ale możemy się jednak spodziewać że uzyskane wyniki będą zbliżone do wartości optymalnej.

Podczas optymalizacji problemu z wykorzystaniem algorytmów ewolucyjnych pierwszym krokiem jest sprowadzenie optymalizowanego problemu do funkcji celu (target function). Funkcja celu opisuje zależność optymalizowanego parametru od pozostałych zmiennych związanych z danym procesem, następnie poszukujemy dla tej funkcji optimum (maksimum lub minimum). Proces optymalizacji w dalszej części wiąże się z doбором odpowiedniej ilości i liczebności następujących po sobie generacji osobników (rozwiązań). Dodatkowymi parametrami w procesie optymalizacji są krzyżowanie i mutacja podczas tworzenia osobników w następujących po sobie generacjach. Istnieje wiele technik doboru odpowiednich liczebności i ilości generacji a także operacji genetycznych (krzyżowania i mutacji) [7, 8, 11].

Funkcję celu w przedmiotowym zadaniu można ogólnie przedstawić jako zależność interesującego nas parametru od zmiennych związanych z procesem obróbki ścierniej:

$$f_T = f(n, t_i, P_i, P_p, t_p, G_s) \quad (1)$$

w której: f_T – funkcja celu, G_s – zużycie ściernicy, n – ilość cykli obróbki, t_p – czas powrotu ściernicy, t_i – czas obróbki w poszczególnych cyklach, P_i – energia poszczególnych cykli, P_p – energia powrotu ściernicy.

Niektóre parametry są współzależne pomiędzy sobą, lub bezpośrednio uzależnione od grubości warstwy ścierniej jak na przykład prędkość posuwu ściernicy, energia cyklu obróbki.

Ostateczna postać funkcji celu będzie uzależniona od kryterium lub kryteriów optymalizacji. Poniżej przygotowano propozycje funkcji celu dla optymalizacji wydatku energii, kosztów ogólnych lub czasu całkowitego procesu obróbki ścierniej. Całkowita grubość zdejmowanej warstwy materiału wynosi a . Usuwanie tej warstwy można podzielić na n kolejnych cykli procesu obróbki, przy czym:

$$a = a_1 + a_2 + \dots + a_n \quad (2)$$

gdzie: a – całkowita grubość zdejmowanej warstwy, a_i – grubości zdejmowane w kolejnych cyklach obróbki.

W funkcji celu dla minimalizacji energii obróbki ścierniej uwzględniono energie poszczególnych cykli obróbki oraz energię zużytą podczas powrotu ściernicy do pozycji początkowej pomiędzy poszczególnymi cyklami obróbki. Funkcja celu dla zadania minimalizacji:

$$f_E = \sum E_i(a) + \sum E_{P_i} \quad (3)$$

gdzie: $E_i(a)$ – energia poszczególnych cykli obróbki ścierniej, E_{P_i} – energia powrotów ściernicy pomiędzy poszczególnymi cyklami obróbki ścierniej

Dla przypadku optymalizacji kosztów procesu obróbki ścierniej można zaproponować następującą funkcję celu:

$$f_K = \sum K_i(a) + \sum K_{P_i} + G_s \quad (4)$$

gdzie: $K_i(a)$ – koszty wykonania kolejnych cykli obróbki, K_{P_i} – koszty powrotów ściernicy pomiędzy poszczególnymi cyklami obróbki ścierniej, G_s – koszty zużycia ściernicy.

Koszty poszczególnych cykli oraz powrotów ściernicy są skorelowane z energią poszczególnych cykli E_i oraz energią powrotów ściernicy E_{P_i} . Powyższa funkcja uwzględni również zużycie ściernicy.

W zadaniu optymalizacji procesu obróbki ścierniej dla kryterium minimalizacji całkowitego czasu procesu proponowana funkcja celu jest również zbliżona do poprzednich:

$$f_T = \sum T_i(a) + \sum T_{P_i} + T_o \quad (4)$$

gdzie: $T_i(a)$ – czas wykonania kolejnych cykli obróbki, T_{P_i} – czas powrotów ściernicy pomiędzy poszczególnymi cyklami obróbki ścierniej, T_o – czas operacyjny.

Czasy kolejnych cykli obróbki oraz powrotów ściernicy są analogiczne do parametrów w poprzedzających funkcjach (3) i (4). Czas operacyjny natomiast obejmuje sumę czasów wymiany przedmiotów w obrabiarence, ewentualne czasy przezbrajania obrabiarki oraz innych operacji związanych z pozycjonowaniem, autokalibracją, itp.

Optymalizację można też zastosować do poprawy procesów obróbki ścierniej z wykorzystaniem obrabiarek CNC. W przypadku obrabiarek CNC proces obróbki ma charakter bardziej złożony ponieważ zazwyczaj dotyczy obróbki wielopłaszczyznowej. W takim przypadku optymalizowana funkcja celu przyjmie bardziej rozbudowaną postać. Powinna uwzględniać przejścia ściernicy pomiędzy końcem poprzedzającego oraz początkiem następnego cyklu obróbki. W tak złożonym problemie należałoby zastosować optymalizację wielokryterialną. W funkcji celu należałoby uwzględnić jednocześnie minimalizację całkowitej energii oraz całkowitego czasu procesu obróbki ścierniej, a więc funkcję celu dla optymalizacji wielokryterialnej. Optymalizację wielokryterialną można utworzyć jako sumę przedstawionych powyżej funkcji z uwzględnieniem współczynników wagowych, określających priorytety poszczególnych kryteriów w procesie optymalizacji.

Podsumowanie

Większość parametrów uwzględnianych podczas optymalizacji jest silnie związana z grubością zdejmowanych warstw w poszczególnych procesach obróbki ścierniej składających się na założony proces wynikowy.

Podczas opracowywania poszczególnych funkcji celu wstępnie przyjęto, że optymalizacji będzie podlegać proces szlifowania płaszczyzn.

Autorzy planują dalsze prace związane z tworzeniem funkcji celu dla obróbki wielopłaszczyznowej z uwzględnieniem optymalizacji wielokryterialnej. Planuje się również przeprowadzenie studium przypadku na wybranym problemie obróbki ścierniej.

Na podstawie wyników dalszych prac można utworzyć oparty na elementach sztucznej inteligencji system ekspercki do analizy, predykcji oraz optymalizacji procesu szlifowania. Utworzony system będzie można zastosować nie tylko dla obróbki ścierniej lecz również dla innych procesów z wykorzystaniem obrabiarek CNC np. procesów skrawania lub wycinania.

LITERATURA

1. Królikowski T., Nikończuk P., Bałasz B., Neural modelling of circumferential grinding of flat surface – fragment książki Artificial Intelligence Methods, University of Szczecin, Szczecin 2010 str. 81-.
2. Królikowski T., Nikończuk P., *Evolutionary method of robust controller computation*, Pomiary Automatyka Robotyka str. 68 -70
3. Łozowicka D., Nikończuk P.: Genetic method optimisation of evacuation ways in cases the fire growth at ferryboat - IFAC CONFERENCE CAMS2001. Glasgow, lipiec 2001
4. Nikończuk P., *Evolutionary algorithms application for optimal controller design*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 17, No. 4C, 2008, str. 88-90,
5. Nikończuk P., Królikowski, Neuronowy model sił w procesie obwodowego szlifowania powierzchni płaskich, Przegląd Mechaniczny Nr 12/11, str. 18-21
6. Nikończuk P. *Zastosowanie algorytmów genetycznych do optymalizacji ruchu statków w porcie*. MT 2000, Marine Technology 2000, Międzynarodowa XIX Sesja Okrętowców nt. Technika Morska na progu XXI Wieku, Szczecin - Dziwnówek, maj 2000.
7. Goldberg D. E., Algorytmy genetyczne i ich zastosowanie, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1995.
8. Michalewicz Z., Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne, wyd II, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1999.
9. Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
10. Pokojski J., Koncepcja modelowania wiedzy inżynierskiej w zadaniach optymalizacji wielodyscyplinowej. Mechanik nr 12/2013 str. 103-113.
11. Wilczyński K., Nastaj A., Optymalizacja procesu wytłaczania jednosiłakowego tworzyw sztucznych. Metoda algorytmów genetycznych. Mechanik nr 07/2005 str. 606-609.