

Metodyka analizy i modelowania sił w procesie szlifowania płaszczyzn dla małych głębokości obróbki

The methodology of analysis and modeling the forces in the surface grinding process for small a depths machining

WOJCIECH KACALAK
FILIP SZAFRANIEC
DARIUSZ LIPIŃSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.numer wydania.numer kolejny
Arial 10, bez bold, wyrównanie do prawej

W pracy przedstawiono metodykę badań eksperymentalnych, analizy i modelowania sił w procesie szlifowania płaszczyzn ze stopu niklu Inconel® 718 dla małych głębokości obróbki (5-20 μm). W publikacji przedstawiono analizy sił szlifowania dla przejść szlifujących i wyiskrzających oraz porównano je z wynikami symulacji komputerowej dla tego procesu. **SŁOWA KLUCZOWE:** siły szlifowania, Inconel 718, symulacja procesu szlifowania, model sił szlifowania

In the paper a methodology for analysis and modeling of forces in the process of surface grinding nickel alloy Inconel® 718 for small machining depth (5-20 microns) was presented. In the article analysis of the grinding forces to pass grinding was presented and sparking and them with the results of computer simulation for this process was compared.

KEYWORDS: grinding forces, Inconel@ 718, simulation of grinding process, model of grinding forces

Efektywnym narzędziem do analizy charakteru oraz siły wzajemnych oddziaływań zjawisk następujących w wyniku oddzielania materiału obrabianego przez ziarna ściernic jest symulacja procesu szlifowania [1-4,7-8]. Modele zawarte w procedurach symulacyjnych stanowią połączenie zarówno modeli analitycznych [6] jak i doświadczalnych, a same procedury symulacyjne umożliwiają uzyskanie informacji o wielu niemierzalnych parametrach procesu obróbki [4,5].

Warunki i zakres eksperymentu.

Badania procesu szlifowania współbieżnego obwodem ściernicy przeprowadzono na szlifierce do płaszczyzn SPG 25x60 CNC firmy FAS-Główno. Szlifowano próbki o wymiarach 80x20x10mm wykonane z trudnoskrawalnego stopu INCONEL® 718. Materiał szlifowano z zastosowaniem ściernicy elektrokorundowej o oznaczeniu 99A120K7VE01 firmy Andre Abrasive Articals. Stosowano chłodzenie metodą zalewową z wykorzystaniem cieczy chłodząco-smarującej na bazie syntetycznego koncentratu emulgującego EMU-12L firmy Dik-Oil, o stężeniu. 3%. Parametry eksperymentu zestawiono w tablicy 1.

TABLICA I. Parametry eksperymentu i symulacji

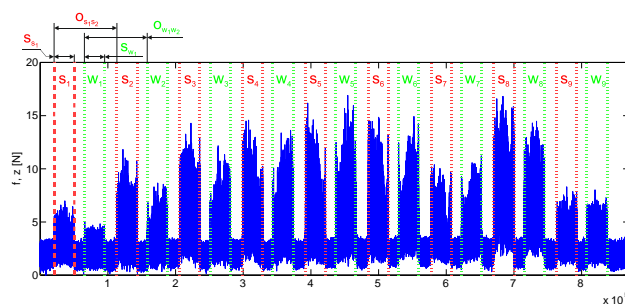
Prędkość szlifowania v_s , m/s	35
Prędkość wzdłużna przedmiotu v_t , m/min	4
Dosuw a_e , μm	5;10;20
Posuw poprzeczny f_a , mm/skok	0,5;1;2

* prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wojciech.kacalak@tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl), dr inż. Dariusz Lipiński (dariusz.lipiński@tu.koszalin.pl) - Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki Precyzyjnej.

Średnica ściernicy, D_s , mm	250
Numer ziarna	120
Rodzaj ziarna	99A
Szerokość przedmiotu, mm	10
Długość przedmiotu, mm	1

Rejestrowanie sił w procesie szlifowania.

W rejestrowaniu sił procesu szlifowania zastosowano siłomierz płytowy do pomiaru składowych sił i momentów w procesie obróbki wraz z analizatorem i torem pomiarowym typu 9257B firmy Kistler. Siłomierz pozwala na pomiar składowych sił obróbki w osiach X, Y, Z w zakresie ± 5 kN. Akwizycja wartości sił szlifowania była rejestrowana z zastosowaniem 16 kanałowej, 16 bitowej karty pomiarowej typu 2855A4 firmy Kistler oraz dedykowanego oprogramowania zaimplementowanego w środowisku obliczeniowym MATLAB. Dane do przetwarzania przez aplikację były w postaci struktury zawierającej pola, w których zapisywane były wartości zmierzonego sygnału. Sygnał został podzielony na zbiory próbek rejestrowanych naprzemiennie w przejściach szlifujących (S) i wyiskrzających (W) oraz na zbiory próbek odpowiadające kolejnym numerom przejść obróbkowych (S_1, S_2, \dots, S_n i W_1, W_2, \dots, W_n , gdzie n - oznacza liczbę przejść szlifujących ściernicy), (rys. 1.).



Rys. 1. Wyodrębnienie z sygnału składowej siły szlifowania, zbiorów próbek dla przejść szlifujących i wyiskrzających

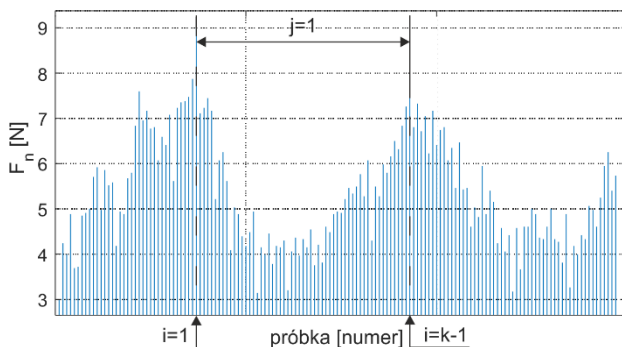
Eksperyment z którego pozyskiwane były analizowane sygnały zapewniał: stałe wartości posuwów poprzecznych, stałą długości próbki szlifowanej oraz stały czas przesterowania między przejściem szlifującym a wyiskrzającym, dzięki czemu możliwe było półautomatyczne wybieranie fragmentów sygnału dla przejść szlifujących i wyiskrzających.

Określając indeksy początków pierwszych zbiorów próbek (S_1 i W_1), ich szerokość (S_{s1} i W_{s1}) i odległość (O_{s1s2} i O_{w1w2}) oraz liczbę wszystkich przejść szlifujących ściernicy (n), było możliwe półautomatyczne wyznaczenie zbioru wszystkich próbek dla analizowanego sygnału (rys. 1.).

W procesach szlifowania z bardzo małymi nadadkami siła obróbki jest sumą skutków mało licznych kontaktów ziaren. Liczba ziaren równocześnie aktywnych jest mała, co powoduje potrzebę określania motywów zmienności wyników pomiaru dla każdego z przejść (rys. 3). Na kształt sygnału będącego sumą nielicznych oddziaływań ziaren nakładają się dodatkowo składowe losowe, wynikające z odchyłek kształtu ściernicy, bicia promieniowego powierzchni czynnej oraz zakłóceń procesu i pomiarów. Przyjęto, że wartości średnie siły będą wyznaczane dla każdego z motywów wyodrębnianych między kolejnymi maksymalnymi wartościami siły odległymi o liczbę wartości odpowiadającą okresowi głównej składowej sygnału (rys. 2).

Dla każdego przejścia szlifującego i wyiskrzającego wyznaczono średnie wartości siły przypadającej na motyw zmienności według zależności:

$$F_{j\bar{s}r} = (k - 1)^{-1} \sum_{i=1}^{k-1} P_i \quad (1)$$



Rys. 2. Schemat do analizy wyznaczania średniej wartości siły przypadającej na motyw zmienności

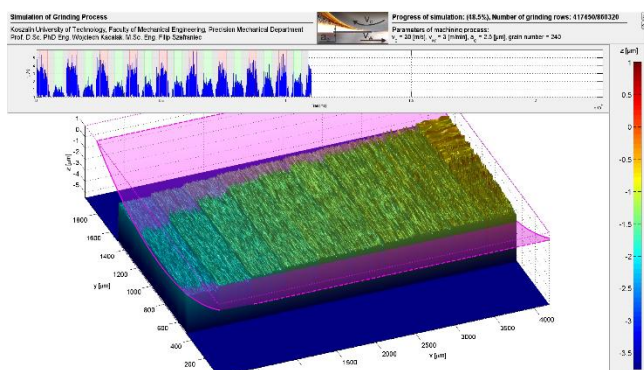
Modelowanie sił z zastosowaniem sytemu do symulacji procesu szlifowania.

W kompleksowym systemie do symulacji procesu szlifowania [4,5] możliwa była rejestracja kontaktów ziaren ściernych z powierzchnią obrabianą oraz określanie wartości przekrojów warstw skrawanych [4]. Na podstawie tych informacji można określić wartość siły w jednostce czasu:

$$F_n = \sum_{i=1}^{L_{za}} CA^n f(k_s) \quad (2)$$

gdzie: L_{za} -liczba ziaren aktywnych, C -stała materiałowa, A -przekrój warstwy skrawanej określonym ziarnem, $f(k_s)$ -jest funkcją opisującą wpływ kształtu strefy kontaktu ziarna i materiału obrabianego, n -współczynnik nieliniowości procesu szlifowania zależnego od gęstości ziaren ściernych oraz od potencjału materiału do tworzenia wypyłek.

Przykładową wizualizację z rejestracji sił w systemie do symulacji procesu szlifowania dla przejść szlifujących (czerwone) i wyiskrzających (zielone) przedstawiono na rysunku 3. Przeprowadzono procedury symulacji dla parametrów obróbki zestawionych w tabelcy I, a porównanie wyników badań przedstawiono na rysunku 4.

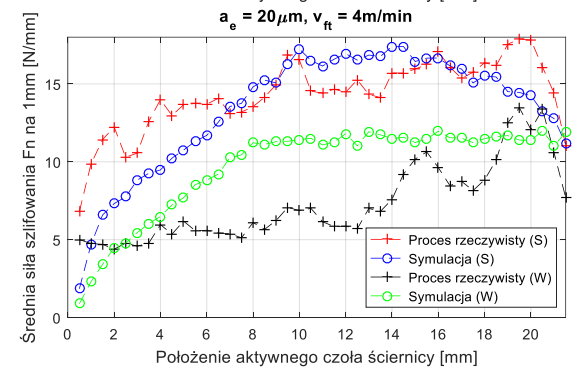
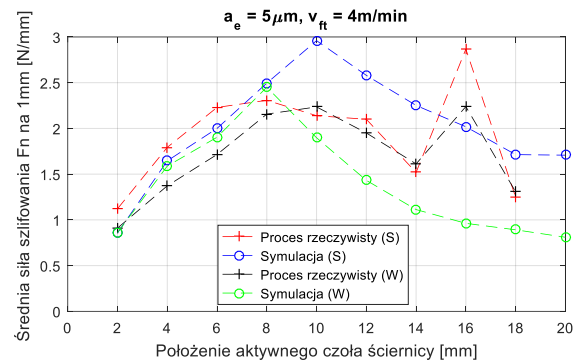


Rys. 3. Wizualizacja zmienności sił szlifowania w kompleksowym systemie do symulowania procesów szlifowania

Podsumowanie

Z porównania wyników badań eksperymentalnych i symulacji dla dwóch różnych głębokości szlifowania 5 i 20 μm , wynika że:

- dla głębokości 5 μm poziomy sił w przejściu roboczym i powrocie wyiskrzającym, są porównywalne, a wyniki symulacji i eksperymentu są bardzo zbliżone, co do wartości, dla całego procesu,
- dla głębokości 20 μm siły w powrocie wyiskrzającym są zdecydowanie niższe, niż w przejściu roboczym,
- dla głębokości 20 μm różnica wyników symulacji i rzeczywistego procesu szlifowania w początkowej jego fazie wskazują na potrzebę zwiększenia dokładności zależności (2) dla większych przekrojów warstw skrawanych.



Rys. 4. Średnie wartości sił szlifowania F_n na 1mm w funkcji położenia aktywnego czola ściernicy dla głębokości 5 i 20 μm

LITERATURA

- Darafon A., Warkentin A., Bauer R. „3D metal removal simulation to determine uncut chip thickness, contact length, and surface finish in grinding”. *INT J ADV MANUF TECH.* Vol. 66 (2013), p. 1715÷1724.
- Hecker R.L., Liang S.Y., Predictive modeling of surface roughness in grinding, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(2003), str. 755-761.
- Holtermann R., Schumann S., Menzel A., Biermann D. „Modelling, simulation and experimental investigation of chip formation in internal traverse grinding”. *PROD ENGINEER.* Vol. 7 (2013), p. 251÷263.
- Kacalak W., Szafraniec F. „Modelowanie obciążeń ziaren aktywnych i sił w procesie szlifowania”. *Mechanik.* Nr 08-09 (2013), s. 241÷252/703.
- Lipiński D., Kacalak W., Szafraniec F., Tomkowski R. „Metodyka tworzenia modeli neuronowych procesu szlifowania z wykorzystaniem wiedzy analitycznych i doświadczalnej”. *Mechanik.* Nr 08-09 (2014), s. 255÷260/726.
- Królikowski T., Bałasz B. „Ocena i modelowanie składowych sił mikroszlifowania pojedynczym ziarnem”. *Pomiary Automatyka Kontrola.* R. 55, nr 04 (2009), s. 259÷262.
- Yanlong C., Jiayan G., Bo L., Xiaolong C., Jiangxin Y., Chunbiao G. „Modeling and simulation of grinding surface topography considering wheel vibration”. *INT J ADV MANUF TECH.* Vol. 66 (2013), p. 947÷945.
- Zhou X., Xi F.: “Modeling and predicting surface roughness of the grinding process”, *INT J ADV MANUF TECH.* Vol. 42 (2002), p. 969÷977. ■