

NIKOŃCZUK Piotr¹
KRÓLIKOWSKI Tomasz
BAŁASZ Błażej²

NEURONOWY MODEL WYZNACZANIA ENERGII SZLIFOWANIA OBWODOWEGO ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH SILNIKA

W obecnych czasach duże naciski kładzie się na minimalizację zużycia energii, dotyczy to również obróbki materiałów. Aby minimalizować energię szlifowania, należy dysponować modelem reprezentującym zależność energii szlifowania od różnych parametrów. W artykule przedstawiono wstępne wyniki prac nad utworzeniem systemu ekspertowego w postaci sztucznej sieci neuronowej modelującej zależność energii szlifowania od głębokości szlifowania. Poszukiwanie nowych rozwiązań modelowania pozwoli osiągnąć w przyszłości nowe rozwiązania dla mikro i nanoszlifowania. Przewidywanie wyników sił składowych szlifowania pozwoli wyznaczyć pracę jaką należy wykonać do usunięcia mikro i nanowarstwy.

NEURAL MODEL OF ENERGY DETERMINATION DURING PERIPHERAL GRINDING PROCESS OF ENGINE PARTS

Nowadays, a lot of pressure is put on minimizing energy consumption in all areas of our lives, this also applies to materials processing. To minimize the energy of grinding, you must have a model that represents the grinding energy depending on various parameters. The article presents the preliminary results of work on the establishment of the expert system in the form of an artificial neural network modeling input energy dependence on the depth of grinding. Disadvantages of conventional methods of grinding (high energy related to the unit and the machined surface due to the effects of) restricts the use of conventional methods in micro-and nano-grinding. Searching for a new ways in modeling allows to develop the new methods of nano-grinding. Based on predicted results will make possible determination of energy required to remove micro-and nanolayers.

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, 71-065 Szczecin, Al. Piastów 41, Tel 91 4494746 e-mail: piotr.nikonczuk@zut.edu.pl

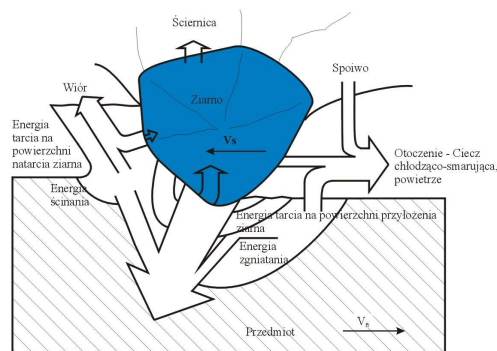
²Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, e-mail: tomasz.krolikowski@tu.koszalin.pl; blazej.balasz@tu.koszalin.pl

1. WSTĘP

Obecnie kładzie się duże naciski na minimalizację zużycia energii w każdej dziedzinie naszego życia, dotyczy to również energii zużywanej podczas obróbki materiałów. Aby rozważnie zarządzać energią należy dysponować jej modelem, który będzie pozwalał w fazie wstępnej projektowania układów sterowania przeprowadzać symulacje przebiegu procesu szlifowania elementów konstrukcyjnych silnika. Dla energii procesu szlifowania można utworzyć system ekspertowy oparty na sztucznej sieci neuronowej, który będzie odzwierciedlał zależność energii szlifowania od danych parametrów oraz będzie stanowił odpowiedni model do przeprowadzenia symulacji w trakcie projektowania układów sterowania minimalizujących zużycie energii w procesie szlifowania obwodowego.

2. ENERGIA OBWODOWEGO SZLIFOWANIA PŁASZCZYZN

Podczas szlifowania tylko część ziaren znajdujących się na czynnej powierzchni ściernicy, zagłębiających się w powierzchnię przedmiotu obrabianego, wykonuje pracę tworzenia rysy i oddzielania wióra. Pozostałe ziarna aktywne wykonują tylko pracę sprężystych i plastycznych odkształceń. Całkowita energia szlifowania zależy, więc od zachodzących odkształceń sprężystych i plastycznych materiału, tarcia wewnętrznego występującego podczas tworzenia wióra, tarcia między wiórem a powierzchnią natarcia ziarna skrawającego oraz tarcia między ziarnem i spoiwem a przedmiotem obrabianym. Te zjawiska występują w warunkach charakteryzujących się udziałem w skrawaniu dużej liczby ziaren, o ujemnych kątach natarcia (rys. 1). W zależności od topografii powierzchni obrabianej, a także topografii powierzchni czynnej ściernicy, określone ziarna ściernic, mogą wykonywać w strefie szlifowania pracę skrawania na pewnej części długości drogi jego kontaktu z przedmiotem obrabianym, lub też jedynie sprężyszc i plastycznie jedogkształcać.



Rys. 1. Rozkład energii skrawania dla pojedynczego ziarna ściernego

Czynniki, które wpływają na energię i moc w procesie szlifowania, mają charakter parametrów stałych, bądź też zmiennych w czasie. Do pierwszej grupy możemy zaliczyć parametry procesu obróbki takie jak: posuw poprzeczny, prędkość przedmiotu, czy też prędkość obwodowa ściernicy. W drugiej grupie natomiast na szczególną uwagę zasługują parametry związane z kształtem, położeniem i polem powierzchni styku

Zmienność przekrojów warstwy skrawanej A_k podczas pracy ziarna t_{pz} jest uzależniona między innymi od cech geometrycznych ziarna, parametrów obróbki i rodzaju ściernicy oraz od kształtu powierzchni przedmiotu obrabianego.

Siła skrawania dla pojedynczego ziarna ściernego z uwzględnieniem maksymalnej grubości wióra przy założeniu (1) przyjmuje postać.

$$F_{nki} = k_1 \cdot A_{ki}^{n_1} \quad (3)$$

gdzie A_{ki} jest polem przekroju warstwy skrawanej.

Znana wartość składowej stycznej siły szlifowania jest podstawą określenia mocy procesu szlifowania:

$$P = F_t \cdot v_s \quad (4)$$

3. TWORZENIE BAZY WIEDZY PROCESU SZLIFOWANIA

W celu utworzenia neuronowego modelu procesu szlifowania wykorzystano wyniki badań doświadczalnych w warunkach rzeczywistych szlifowania obwodowego płaszczyzn. Stanowisko pomiarowe przedstawiono na rysunku 3, składa się ono z następujących elementów:

- szlifierki uniwersalnej do szlifowania płaszczyzn,
- urządzenia do pomiaru prędkości posuwu stołu szlifierki,
- siłomierza do pomiaru składowych siły szlifowania,
- komputera PC z kartą pomiarową wraz z oprogramowaniem do akwizycji danych.



Rys. 3. Widok ogólny stanowiska badawczego z torem pomiarowym

W badaniach posłużono się ściernicami, z elektrokorundu, kształtowanymi jednoostrzowym obciążaczem diamentowym. Na stole szlifierki zamontowano siłomierz,

na którym mocowano próbki ze stali narzędziowej poddawane procesowi szlifowania na sucho. Siłomierz służy do pomiaru siły nacisku ściernicy F_n oraz siły tarcia F_t (rysunek 2). Sygnały generowane przez siłomierz podczas szlifowania rejestrowano przy pomocy karty pomiarowej na komputerze PC.

Badania przeprowadzono realizując szlifowanie wgłębne w jednym przejściu przy stałej prędkości szlifowania $v_s=30\text{m/s}$. Badano procesy szlifowania dla różnych głębokości szlifowania $a_s=0, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15$ [mm] Przyjęte zakresy zmienności parametrów zawierają się w zakresach najczęściej wykorzystywanych podczas szlifowania. Dysponując wynikami pomiarów oraz znając prędkość szlifowania przy której wykonywano pomiary można określić wartości mocy szlifowania według zależności (4). Wyniki pomiarów zawarte są tabeli 1.

4. NEURONOWY MODEL ENERGII SZLIFOWANIA

Podczas modelowania przy użyciu sztucznej sieci neuronowej funkcję Ω_s służącą do predykcji energii szlifowania w funkcji głębokości szlifowania można przedstawić za pomocą poniższej zależności:

$$X \xrightarrow{\Omega_s} Y \quad (5)$$

gdzie:

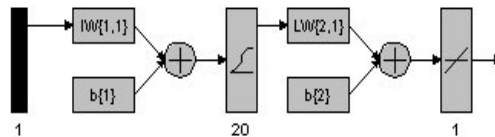
X – zbiór przyjętych parametrów wejściowych,
 Y – zbiór wartości wzorcowych w postaci pomiarów,
 Ω_s – poszukiwana analityczna funkcja aproksymująca.

Dla omawianego przypadku zbiorem przyjętych parametrów wejściowych Y jest wektor głębokości szlifowania, natomiast zbiorem wartości wzorcowych Y są dane pochodzące z doświadczeń empirycznych na stanowisku pomiarowym.

Do modelowania zależności energii szlifowania w zależności od głębokości szlifowania przyjęto strukturę sieci która składa się z:

- warstwy wejściowej,
- warstwy ukrytej,
- warstwy wyjściowej.

Przy czym warstwa wejściowa jak również warstwa wyjściowe zawierają po jednym neuronie ze względu na to, że mamy tylko jeden sygnał wejściowy oraz jeden sygnał wyjściowy. Warstwa ukryta natomiast zawiera jedną warstwę składającą się z dwudziestu neuronów. Strukturę omawianej sztucznej sieci neuronowej przedstawia rysunek 3.



Rys. 4. Graficzna postać struktury sieci neuronowej

Na podstawie struktury powyższej sztucznej sieci neuronowej można odtworzyć zależność pomiędzy głębokością a energią szlifowania. Zależność ta przyjmuje następującą postać:

$$[P] = f^2(LW\{2,1\} \times f^1(IW\{1,1\} \times a + b\{1\}) + b\{2\}) \quad (6)$$

gdzie:

a – głębokość szlifowania,

P – energia szlifowania,

f^1 - funkcja aktywacji pierwszej warstwy (logsig),

f^2 - funkcja aktywacji drugiej warstwy (purelin),

$b\{1\}$ – wektor wartości stałych dodawanych do sygnałów wejściowych warstwy ukrytej (bias 1),

$b\{2\}$ – wektor wartości stałych dodawanych do sygnałów wejściowych warstwy wyjściowej (bias 2),

LW – wektor współczynników przez które mnożone są wartości wejściowe do warstwy ukrytej,

IW – wektor współczynników przez które mnożone są wartości wejściowe do warstwy wyjściowej.

W równaniu (2) przedstawione są funkcje aktywacji neuronów f^1 oraz f^2 . Jako funkcję aktywacji f^1 dla neuronów w warstwie ukrytej zastosowano funkcję *tansig*, która ma następującą postać

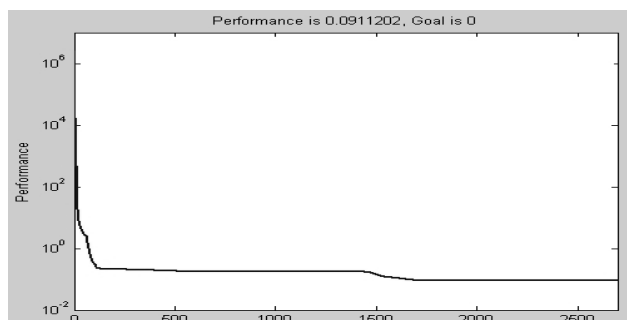
$$\text{logsig}(x) = 1 / (1 + \exp(-x)) \quad (7)$$

Natomiast w warstwie wyjściowej funkcją aktywacji f^2 jest funkcja liniowa *purelin*, która ma następującą postać:

$$\text{purelin}(x) = \beta x \quad (8)$$

Dla powyższej struktury sieci przeprowadzono proces uczenia. Jako punkty nauki przyjęto wartości pomiarów na stanowisku przedstawionym na rys.3. Przebieg nauki

przedstawia rysunek 5. Proces nauki sieci zakończył się po 2696 iteracjach. Na tym etapie błędy popełniane przez sieć sięgały rzędu wartości 10^{-1} .



Rys. 5. Przebieg nauki sztucznej sieci neuronowej

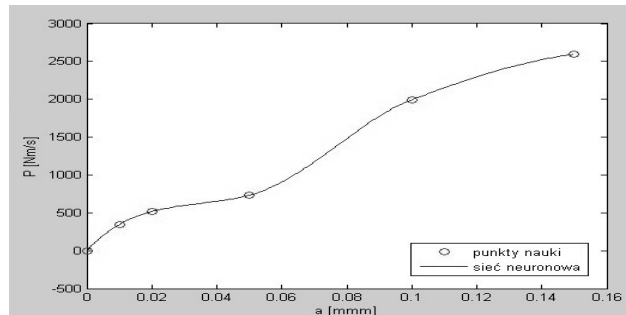
Wartości jakie po zakończeniu nauki zwraca sztuczna sieć neuronowa w dla kolejnych głębokości oraz błędy jakie sieć popełnia w tych punktach przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Zestawienie wartości pomiarów, wyników zwracanych przez sieć neuronową i popełnianych błędów

a [mm]	0	0.0	0.02	0.05	0.1	0.15
P [Nm/s]	0	347.648 7	56.6852	733.3224	99536	2595.225 9
P_{NN} [Nm/s]	0	347.379	55.907	733.892	991137	2595.26
ΔP [Nm/s]	0	0.2696	0.7745	-0.5696	-0.060	-0.0352

W powyższej tabeli jako P oznaczono energię szlifowania wynikającą z pomiarów, natomiast jako P_{NN} oznaczono wartości otrzymane z sieci neuronowej.

Graficzną interpretację wyników nauki przedstawia rysunek 6, gdzie linia ciągła przedstawia wartości energii reprezentowane przez sieć neuronową, natomiast punktami przedstawiono wartości pomiarowe. Przebieg krzywej, która przedstawia model neuronowy przedmiotowej zależności jest bardzo łagodny i przechodzi przez punkty będące danymi do nauki.



Rys. 6. Wyniki nauki sieci neuronowej

5. PODSUMOWANIE

Powyższy model zależności energii szlifowania od głębokości szlifowania został utworzony w postaci relatywnie prostej budowy sztucznej sieci neuronowej, która w sposób poprawny odzwierciedla wyniki pomiarów. Takie wyniki dają podstawę do podjęcia dalszych działań polegających na utworzeniu systemu ekspertowego, który będzie zawierał wiedzę z zakresu energii szlifowania w zależności od:

- głębokości szlifowania,
- prędkości szlifowania,
- budowy tarczy ścierniej (materiał, gabaryty),
- materiału szlifowanego.

6. LITERATURA

- [1] Królikowski T., Bałasz B. : Ocena i modelowanie składowych sił mikroskrawania pojedynczym ziar. PAK 2009 nr 04, s. 259-262,
- [2] Królikowski T., Bałasz B.: Numerical Model of Material – a Concept of a FEM System Based on Neuron Networks. Journal of Machine Engineering. Vol. 8, No. 2, 2008. s. 79-86
- [3] Tadeusiewicz R., Odkrywanie właściwości sieci neuronowych przy użyciu programów w języku c#, Polska Akademia Umiejętności, Kraków 2007