

# Numeryczna optymalizacja konstrukcji układu doprowadzającego płyn chłodząco-smarujący w strefę skrawania

Krzysztof Krupanek<sup>1, a)</sup>, Jacek Sawicki<sup>1, b)</sup>, Wojciech Stachurski<sup>2, c)</sup>, Mateusz Przybysz<sup>3, d)</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Materials Science and Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Lodz University of Technology, 1/15 Stefanowskiego Street, 90-924 Lodz, Poland*

<sup>2</sup> *Institute of Machine Tools and Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Lodz University of Technology, 1/15 Stefanowskiego Street, 90-924 Lodz, Poland*

<sup>a)</sup>Corresponding author: krzysztof.krupanek@p.lodz.pl

<sup>b)</sup>jacek.sawicki@p.lodz.pl

<sup>c)</sup>wojciech.stachurski@p.lodz.pl

<sup>d)</sup>174490@edu.p.lodz.pl

**Abstract.** W artykule przedstawiono numeryczną optymalizację konstrukcji nowej metody podawania cieczy obróbkowej podczas frezowania obwiedniowego kół zębatych. Wzrost wydajności i dokładności obróbki kół zębatych związany jest z rozwojem badań narzędzi do obróbki obwiedniowej pod kątem zwiększenia ich trwałości i wydłużenia czasu zużycia. Czynnikiem mającym istotny wpływ na zużycie i trwałość narzędzi skrawających jest właściwy dobór oraz metoda podawania cieczy chłodząco-smarującej w strefę skrawania. Głównym celem optymalizowanej konstrukcji nowej metody podawania płynu chłodząco-smarującego podczas frezowania obwiedniowego kół zębatych jest polepszenie efektywności smarowania przy mniejszym wydatku cieczy. Wstępną konstrukcję CAD zamodelowano w programie Autodesk Inventor, natomiast symulacje numeryczne przeprowadzono w programie ANSYS CFX. Wielkości geometryczne, które podlegały zmianie w trakcie numerycznej optymalizacji warunków pracy nowej konstrukcji to: wielkości średnic otworów, przez które wydostaje się ciecz obróbkowa do strefy skrawania ( $d = 1 \text{ mm}$  i  $2 \text{ mm}$ ), wielkości kąta pochylenia wydostawania się cieczy obróbkowej ( $\alpha = 0^\circ$  i  $15^\circ$ ), liczby rzędów otworów doprowadzających płyn z trzpienia do kieszeni frezu ( $n = 2$  i  $3$ ). Wynikiem analizy numerycznej przepływu była średnia prędkość cieczy na wylocie we frezie oraz straty ciśnienia w całym układzie optymalizowanej konstrukcji.

## WPROWADZENIE

W trakcie frezowania obwiedniowego, na skutek wysokich temperatur skrawania, w warstwach wierzchnich narzędzi skrawających (frezów ślimakowych) może dojść do niekorzystnych zmian, które znacznie obniżają właściwości skrawne ostrza [1-5]. Celem nowego rozwiązania [6] jest zwiększenie efektywności dostarczania płynu chłodząco-smarującego (PCS) do strefy obróbki podczas frezowania obwiedniowego. Nowe rozwiązanie posiada wiele parametrów geometrycznych (wielkości średnic otworów w trzpieniu frezarskim oraz narzędziu oraz ich liczba, a także sposób ich rozmieszczenia i pochylenia), od których silnie będą uzależnione takie parametry jak efektywność chłodzenia i dodatkowe pobory energii przez urządzenie transportujące chłodziwo do układu. W tym przypadku dobór tych wielkości poprzez weryfikację empiryczną opartą na metodzie prób i błędów trwałby zbyt długo, a także byłby zbyt kosztowny pod względem sfinalizowania kilku wariantów jednocześnie bądź osobno. W celu optymalizacji wielkości geometrycznych układu, przez który będzie przepływać płyn chłodząco-smarujący użyto symulacji numerycznych CFD.

## SYMULACJA NUMERYCZNA

Konstrukcję CAD (rys.1a) zamodelowano w programie Autodesk Inventor i poddano symulacjom numerycznym w programie ANSYS CFX. Analiza przepływu została wykonana pod kątem wyznaczenia średniej prędkości cieczy na wylocie we frezie (rys.1b) oraz strat ciśnienia w całym układzie. W celu osiągnięcia zakładanych celów optymalizacji poddano takie wielkości geometryczne jak: wielkości średnic otworów, przez które wydostaje się ciecz obróbkowa do strefy skrawania ( $d = 1 \text{ mm}$  i  $2 \text{ mm}$ ), wielkości kąta pochylenia wydostawania się cieczy obróbkowej ( $\alpha = 0^\circ$  i  $15^\circ$ ), liczby rzędów otworów doprowadzających płyn z trzpienia do kieszeni frezu ( $n = 2$  i  $3$ ). Jako czynnik chłodząco-smarujący zastosowano FEROKOL® EP 800.

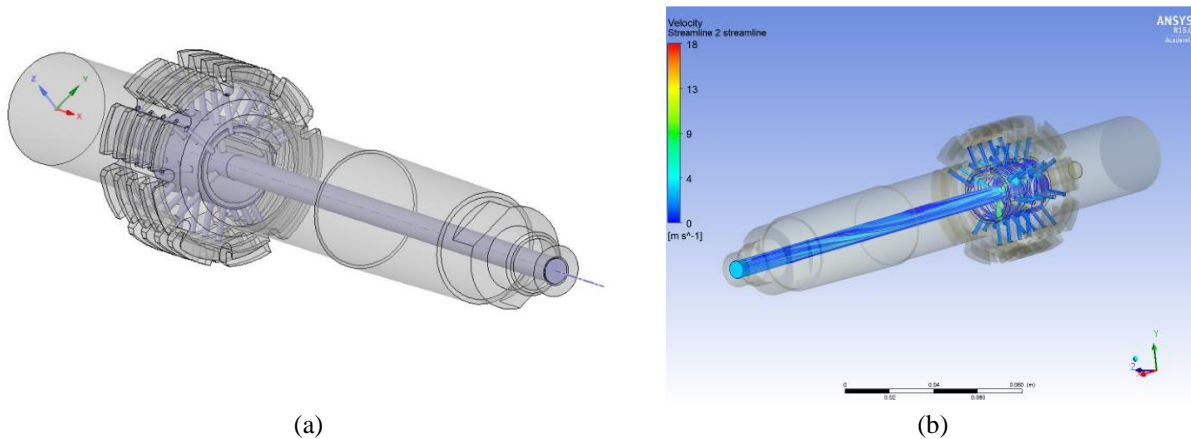


FIGURE 1. Model bryłowy CAD (a) oraz wynik symulacji CFD (b)

## WNIOSKI

W artykule przedstawiono budowę i zasadę działania nowej metody podawania czynnika chłodząco-smarującego podczas frezowania obwodniowego kół zębatach. Treść artykułu zawiera także potencjalne zalety, które będą wynikać ze stosowania tego rozwiązania. Jak już wspomniano wcześniej, problemem nowej konstrukcji jest optymalizacja odpowiednich wielkości parametrów, które odpowiadają za stabilne warunki pracy. W tym celu użyto symulacji numerycznych CFD. Poddanie symulacjom numerycznym wszystkich ośmiu wariantów pozwoliło na eliminację testów empirycznych, które mają na celu odnalezienie najlepszego rozwiązania pod względem geometrii układu. Wykonanie analizy przepływu przyczyni się do niższych kosztów, zmniejszenia zużycia materiałów i skrócenia czasu wykonania. W oparciu o wyniki symulacji numerycznej, najbardziej korzystnym rozwiązaniem okazał się wariant konstrukcyjny z 3 rzędami otworów doprowadzających ciecz z trzpienia do kieszeni frezu, a średnica otworu na wylocie we frezie wynosiła  $2 \text{ mm}$ , kąt pochylenia tego otworów  $0^\circ$ . Zapewnia to najbardziej optymalne warunki pracy pod względem prędkości przepływu i strat ciśnienia.

## LITERATURA

1. H. Matsuoka, T. Ryu, T. Nakae, S. Shutou, T. Kodera, Adv. Mater. Sci. Appl. **2(4)**, 154-167 (2013).
2. A. D. Jayal, A.K. Balaji, Wear, **267 (9-10)**, 1723-1730 (2009).
3. D. Fratila, 2009. J. Clean. Prod., **17(9)**, 839-845 (2009)
4. M. Sarikaya, A. Güllü, J. Clean. Prod., **91**, 347-357 (2015).
5. W. Stachurski, Mech. Mech. Eng. **16(2)**, 133-140 (2012).
6. Zgłoszenia Patentowe nr. P. 423353 (03.11.2017).