

## Zintegrowany z wrzecionem tensometryczny czujnik sił skrawania

Pomiar siły skrawania umożliwia monitorowanie i doskonalenie procesów skrawania. Jednak ze względu na wysokie koszty, niską czułość i ograniczoną elastyczność istniejące rozwiązania nie znalazły zastosowania w praktyce. W artykule przedstawiono układ pomiarowy dostosowany do potrzeb przemysłu.

Proponowane rozwiązanie opiera się na pomiarze siły skrawania poprzez wykrywanie odkształceń kołnierza przedniego łożyska wrzeciona obrabiarki (rys. 1). Korpus czujnika tensometrycznego jest przymocowany z jednej strony do powierzchni cylindra kołnierza, a z drugiej strony do jego powierzchni czołowej. Ze względu na ukośną orientację korpus czujnika, a tym samym tensometr, jest wrażliwy na siły działające zarówno w kierunku promieniowym, jak i osiowym kołnierza.

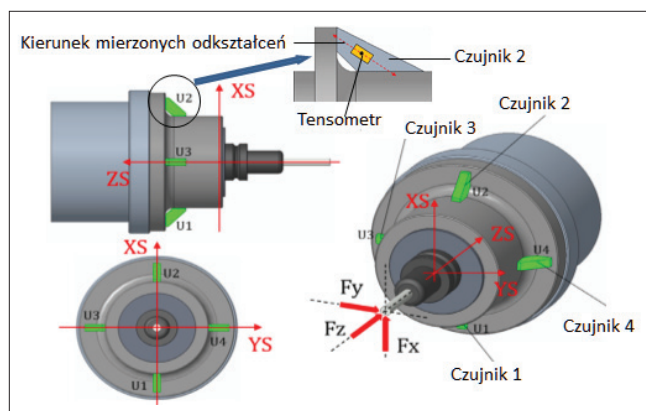
Koncepcja czujnika może być dostosowana do różnych konstrukcji wrzeciona i wymagań dotyczących czułości. Aby zmierzyć wszystkie trzy składowe siły skrawania, konieczne jest zastosowanie zestawu czterech czujników i połączenie ich sygnałów (od  $U1$  do  $U4$ ). Ponadto czujniki są ustawione w taki sposób, by sprężenia skrośne były jak najmniejsze. Sygnały odpowiadające siłom skrawania  $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$  są uzyskiwane jako:

$$U_x = U1 - U2$$

$$U_y = U3 - U4$$

$$U_z = -(U1 + U2 + U3 + U4)$$

Na rys. 2 przedstawiono prototypową realizację i integrację czujników we wrzecionie frezarskim



Rys. 1. Budowa systemu pomiaru sił skrawania

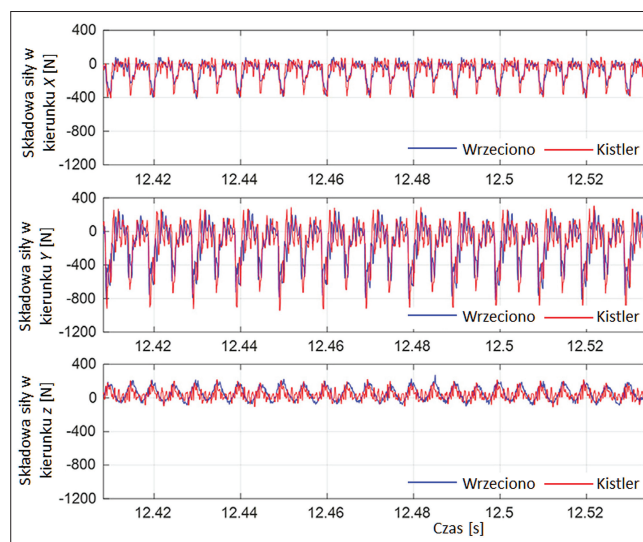


Rys. 2. Prototypowa instalacja układu pomiaru sił skrawania

centrum obróbkowego NHX6300. Kalibracja systemu wykazała bardzo dobrą liniowość sygnałów przy pomijalnej histerezie.

Ocenę działania zbudowanego układu przeprowadzono przez porównanie wyników pomiaru siły skrawania tym układem z wynikami uzyskanymi jednocześnie siłomierzem stołowym Kistler 9255C. Zastosowano komercyjny układ akwizycji sygnałów z czujników tensometrycznych z filtrem dolnoprzepustowym 5 kHz i częstotliwością próbkowania 10 kHz. Przy zatrzymanym wrzecionie uzyskano rozdzielczość siły wynoszącą odpowiednio około 40 N i 90 N w kierunku promieniowym i osiowym układu współrzędnych wrzeciona.

Wyniki pomiarów sił skrawania przeprowadzonych oboma siłomierzami przy frezowaniu stali S45C przedstawiono na rys. 3. Jak widać, siłomierz przemysłowy umożliwia dokładne pomiary sił i wykrywanie najmniejszych ich odchyłek wynikających z ruchu krawędzi skrawających.



Rys. 3. Pomiar sił skrawania przy frezowaniu bocznym; parametry skrawania:  $n = 6000$  obr/min,  $f_m = 500$  mm/min,  $D = 15$  mm,  $z = 2$ ,  $a_e = 3$  mm,  $a_p = 10$  mm

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Haythem Boujnah, Naruhiro Irino, Yasuhiro Imabepu, Ken-Go Kawai, Masahiko Mori. "Spindle-integrated, sensor-based measurement system for cutting forces". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 71, 1 (2022): 337-340, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.04.075>. ■