

Przykłady zastosowań systemu do pomiaru mocy zainstalowanego na tokarce CNC

Examples of applications of power measurement system installed on a CNC lathe

ROMAN CHUDY
WIT GRZESIK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.527

W artykule zaprezentowano system do pomiaru mocy zainstalowany na tokarce CNC. Przedstawiono przykłady aplikacji systemu oraz praktyczne wykorzystanie pozyskanych danych. **SŁOWA KLUCZOWE:** energochłonność, pomiar mocy, energia skrawania

This paper presents a power measurement system which allows recording the power consumption profile. The system is based on computer processing of signals generated by current and voltage sensors connected to spindle and axis driving electric motors. By using LabVIEW data acquisition system, it is possible to record total power consumption and its components during a typical machining operation.

KEYWORDS: power consumption, power measurement, specific cutting energy

Racjonalne gospodarowanie energią jest coraz częściej rozpatrywaną kwestią we wszystkich sektorach przemysłu wytwórczego [1]. Koszty energii stanowią ważny czynnik w przemyśle metalowym. Ocenia się, że koszty użycia energii przez obrabiarki stanowią około 20 procent całkowitych kosztów eksploatacji [2]. Zmniejszenie zużycia energii eklektycznej potrzebnej do obróbki elementów maszyn, a także redukcja energii niezbędnej do zasilania wszelkich urządzeń pomocniczych to jedne z największych wyzwań stawianych producentom obrabiarek [3, 4].

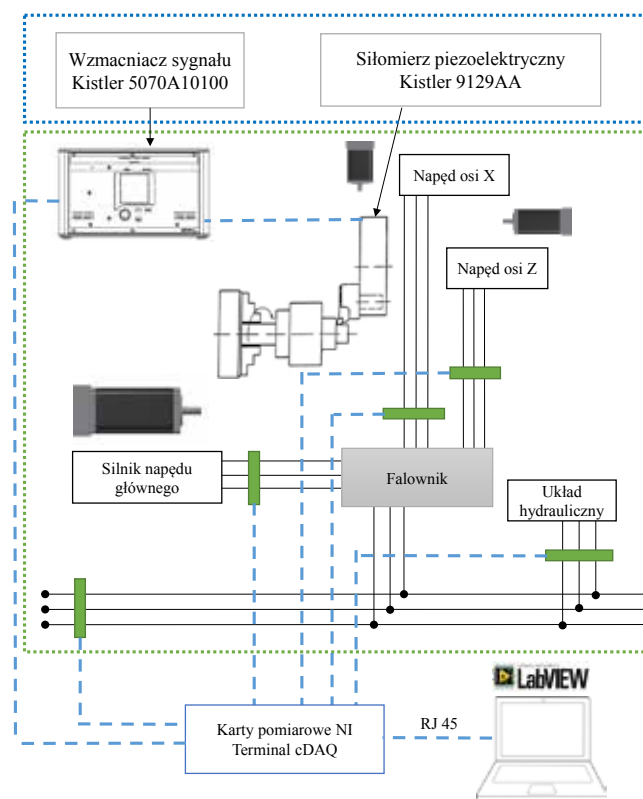
Pomiar mocy

Pomiar energochłonności obróbki można przeprowadzić za pomocą różnych metod badawczych. Przykładowo, proponuje się użycie cęgowego miernika jakości energii firmy Fleku [5]. Takie rozwiązanie pozwala w elastyczny sposób monitorować parametry elektryczne silników napędowych obrabiarek, jak również innych urządzeń elektrycznych.

Kolejnym rozwiązaniem są systemy monitorujące prace obrabiarek skrawających. Producenci nowoczesnych obrabiarek implementują systemy do diagnostyki maszyny, np. do sprawdzania obciążenia napędu głównego oraz osi, w tym również kontroli wskaźnika zużycia energii [6], jak również monitorujące temperaturę, emisję akustyczną i inne.

W artykule przedstawiono układ zainstalowany na tokarce CNC Okuma Genos L200-EM, który umożliwia pomiar w czasie rzeczywistym chwilowych wartości mocy pobieranej przez obrabiarkę z sieci elektrycznej, a także ich pomiar na poszczególnych silnikach napędowych roboczych. Stanowisko do pomiaru mocy składa się z precyzyjnych

przetworników prądowych oraz napięciowych firmy Lem, które umieszczono na fazowych przewodach zasilających tokarkę, co pozwala na pomiar mocy całkowitej pobieranej z sieci przez obrabiarkę. Sensory zamontowano także pomiędzy poszczególne silniki napędów (napęd główny, napędy osi Z oraz X) a regulator prędkości obrotowej (falownik) oraz w układ hydrauliczny. Przetworniki zasilane są symetrycznym napięciem ± 15 V. Sygnały z przetworników zbierane są za pomocą kart pomiarowych National Instruments umieszczonych w terminalu cDAQ NI. Terminal połączony jest łączem LAN z komputerem, gdzie w środowisku LabVIEW napisano program umożliwiający pomiar i analizę pobranych danych [7, 8]. Należy nadmienić, iż powyższe stanowisko badawcze stanowi otwarty układ, w którym można jednocześnie, poza mocą obrabiarki, mierzyć składowe siły skrawania, co pozwala na rozszerzoną diagnostykę procesu (rys. 1).



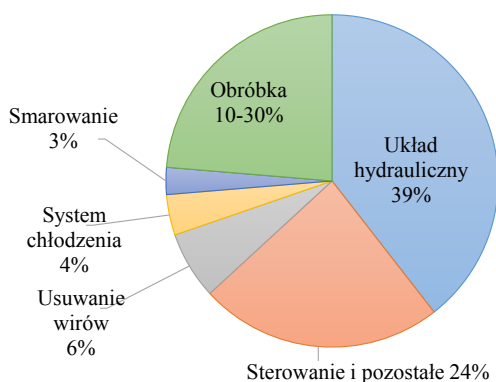
Rys. 1. Schemat układu pomiaru mocy na 3-osiowej tokarce CNC

Przykłady zastosowania

Przedstawiony na rys. 1 układ pomiarowy pozwala uzyskać wiele praktycznych informacji o przebiegu procesu. W pierwszej kolejności można zidentyfikować źródła zuży-

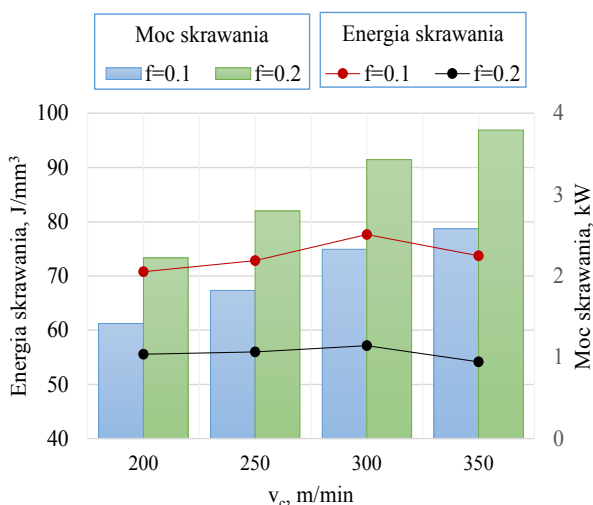
* Mgr inż. Roman Chudy (r.chudy@po.opole.pl), prof. dr hab. inż. Wit Grzesik (w.grzesik@po.opole.pl) – Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji Politechniki Opolskiej

cia energii podczas obróbki (rys. 2). Następnie dostarcza informacji o zużyciu energii przez niezbędne urządzenia i agregaty towarzyszące (układ hydrauliczny, smarowanie, chłodzenie itp.). Równoległe z pomiarem mocy mierzone są za pomocą siłomierza piezoelektrycznego składowe siły skrawania.



Rys. 2. Struktura zużycia energii w toczeniu stali 41Cr4

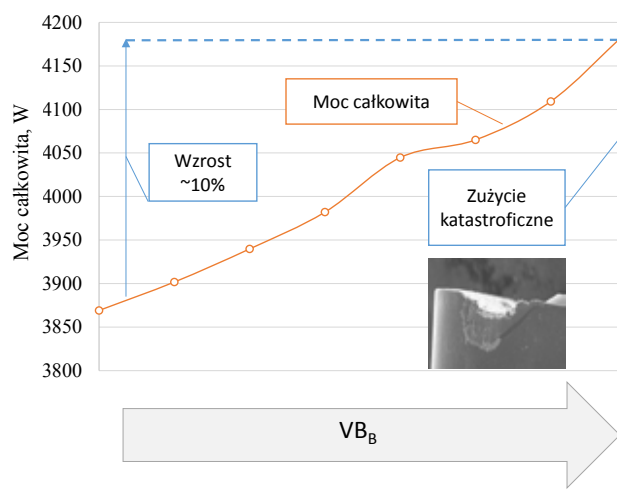
Układ pozwala na identyfikację obszarów zużycia energii elektrycznej pobieranej przez obrabiarkę. Ocenia się, że proces usuwania materiału w nowoczesnych obrabiarkach pochłania tylko kilkanaście lub kilkadziesiąt procent całkowitego zapotrzebowania energii przez obrabiarkę [4, 5]. Należy zauważyć, że niezbędne urządzenia i agregaty stosowane w nowoczesnych obrabiarkach skrawających zużywają więcej energii niż sam proces obróbki.



Rys. 3. Porównanie zużycia mocy i energii właściwej skrawania dla zmiennej prędkości skrawania i posuwu w skrawaniu stali 41Cr4 ($a_p = 1$ mm)

Dla przykładu na rys. 3 pokazano zależność poboru mocy oraz energii właściwej skrawania od zmiennych parametrów skrawania ($v_c = 200\text{--}350$ m/min, $f = 0,1; 0,2$ mm/obr oraz $a_p = 1$ mm) dla toczenia stali 41Cr4 płytką ostrzową TNMG 160408 4325 firmy Sandvik Coromant. Największy wpływ na energię właściwą skrawania wykazał wzrost wartości posuwu. Można zauważyć, że do uzyskania niskiej energochłonności procesu korzystne jest stosowanie większego posuwu (rys. 3). Uzyskane wyniki wskazują na znaczący wpływ posuwu zarówno na moc skrawania, jak i wydajność procesu. Wyższa prędkość skrawania determinuje większą moc skrawania, co jednak mniej wpływa na energię właściwą skrawania.

Układ do pomiaru mocy może służyć również jako narzędzie diagnostyczne do kontroli procesu. Można zauważyć, że duża czułość układu pozwala na wykrycie symptomów nadmiernego/katastroficznego zużycia ostrza. Nadmierne zużycie ostrza poza oczywistymi skutkami, jak wzrost sił skrawania (głównie siły odporowej) czy nadmierna emisja akustyczna, powoduje również wzrost mocy obrabiarki. Jak wykazały badania własne, można odnotować wzrost zapotrzebowania mocy nawet do 10% więcej w przypadku katastroficznego zużycia ostrza skrawającego (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ zużycia ostrza na moc skrawania

Podsumowanie

Opisany układ pomiarowy umożliwia wyznaczenie poboru mocy przez obrabiarkę, jak również jej struktury przypisanej poszczególnym zespołom napędowym. W artykule wskazano, w jakich obszarach zauważalny jest wzrost mocy pobieranej przez obrabiarkę w kontekście wzrostu wartości parametrów skrawania. Ważnym zastosowaniem może być diagnostyka procesu skrawania, która dostarcza wiele cennych informacji na temat stabilności przebiegu procesu. Poprzez układ do pomiaru mocy można pośrednio monitorować stan ostrza skrawającego, co jest bardzo wskazane w automatycznych centrach obróbkowych.

LITERATURA

- Mori M., Fujishima, M., Inamasu, Y., Oda Y. „A study on energy efficiency improvement for machine tools”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 60, No. 1 (2011): pp. 145–148.
- Berend D., Helmecke P., Hülsmeier L. „Energy efficient machining with optimized coolant lubrication flow rates”. *Procedia CIRP*. Vol. 24 (2014): pp. 25–31.
- Dufloy J., Sutherland J., Dornfeld D., Herrmann C., Jeswiet J., Kara S., Hauschild M., Kellens K. „Towards energy and resource efficient manufacturing: A process and systems approach”. *Annals of the CIRP*. Vol. 61, No. 2 (2012): pp. 587–609.
- Dalquist S., Gutowski T. „Life Cycle Analysis of Conventional Manufacturing Techniques: Sand Casting”. *Proceedings of ASME 2004 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE2004)*. Anaheim, CA, (2004): pp. 631–641.
- Balogun, Vincent A., Isuamfon F. Edem, Mativenga P.T. „The effect of Auxiliary Units on the Power Consumption of CNC Machine tools at zero load cutting”. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Vol. 6, No. 2 (2015): pp. 874–879.
- Diaz N. et al. „Strategies for minimum energy operation for precision machining”. *Laboratory for Manufacturing and Sustainability* (2009).
- Chudy R., Grzesik W. „Comparison of power and energy consumption for hard turning and burnishing operations of 41Cr4 steel”. *Journal of Machine Engineering*. Vol. 15, No. 4 (2015): pp. 113–120.
- Chudy R., Grzesik W. „Badanie energochłonności toczenia i nagniatania stali utwardzonej”. *Mechanik*, nr 8–9 (2015): s. 408–414.