

Efektywność energetyczna procesu obróbki skrawaniem na przykładzie toczenia

The energy efficiency of the machining process on the example of rolling

AGNIESZKA TERELAK-TYMCZYNA
KAROL MIĄDLICKI
MONIKA NOWAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.336

Efektywność energetyczna procesów produkcyjnych stała się w ostatnich latach jednym z priorytetowych działań organizacji. W referacie przedstawione zostały wyniki badań przeprowadzonych na tokarce w Instytucie Technologii Mechanicznej. Prezentowane wyniki przedstawiają rzeczywiste przebiegi procesu obróbki elementów produkowanych seryjnie.

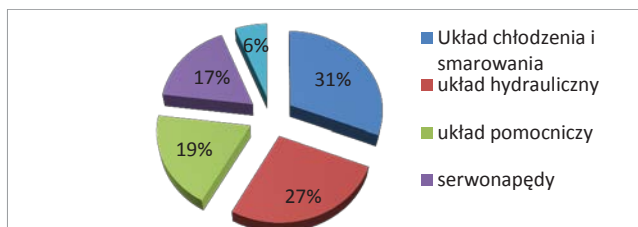
SŁOWA KLUCZOWE: efektywność energetyczna, obróbka skrawaniem, toczenie

The energy efficiency of production processes has become in recent years one of the priority activities of the organization. The paper presents the results of studies conducted on a lathe at the Institute of Mechanical Technology. The results presented represent the actual waveforms process of machining of parts manufactured in series.

KEYWORDS: energy efficiency, machining process, rolling

W ostatnich latach rośnie zainteresowanie poprawą efektywności energetycznej zakładów produkcyjnych, w tym z sektora obróbki metali i produkcji artykułów metalowych. Tendencję tę można zauważyć w zwiększonej liczbie publikacji w czasopismach naukowych [m.in. 1, 3÷6] oraz w zwiększającej się liczbie projektów inwestycyjnych [2], których jednym z efektów realizacji jest redukcja zużycia energii elektrycznej.

W literaturze przedmiotu poświęcono wiele uwagi analizie zużycia energii elektrycznej przez poszczególne podzespoły obrabiarki [4÷6]. Głównym celem tych analiz było określenie najbardziej energochłonnych podzespołów i takie ich dobranie, aby zmniejszyć pobór energii dla całego układu – obrabiarki. Rozkład średniej energii zużywanej przez poszczególne podzespoły obrabiarki w ciągu godziny obróbki zgrubnej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Rozkład średniej energii zużywanej dla poszczególnych podzespołów obrabiarki w ciągu godziny obróbki zgrubnej [5, 7]

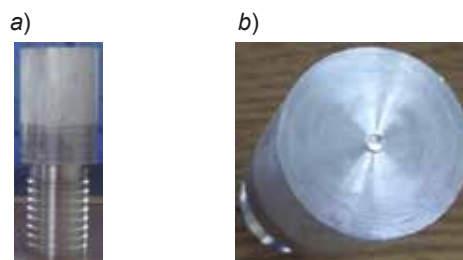
* Dr inż. Agnieszka Terelak-Tymczyzna (agnieszka.terelak@zut.edu.pl), mgr inż. Karol Miądlicki (karol.miadlicki@zut.edu.pl), mgr inż. Monika Nowak (monika.nowak@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Zgodnie z danymi zawartymi w [5, 7] energia zużywana bezpośrednio na proces obróbki skrawaniem stanowi ok. 14,8%, natomiast pozostałe 85,2% zużywane jest przez poszczególne układy obrabiarki.

Analizując prace dotyczące zużycia energii przez obrabiarki i proces obróbki skrawaniem, możemy zauważyć, że energia elektryczna rozpatrywana jest tylko jako energia czynna wyrażana w kWh. Jednakże na efektywność energetyczną procesu obróbki skrawaniem wpływ ma nie tylko energia, która jest niezbędna do wykonywanej przez obrabiarkę pracy, ale również energia bierna (indukcyjna) wyrażana kVar · h. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia przedsiębiorstwa, które nie mając świadomości co do ilości i rodzajów zużywanej energii w procesie obróbki skrawaniem, ponosi koszty tej energii.

Celem niniejszej pracy jest analiza zużycia energii elektrycznej: czynnej i biernej w procesie obróbki skrawaniem.

Do badań wykorzystano wyrób (rys. 2a i 2b) produkowany seryjnie na tokarce CTX Ecoline w Instytucie Technologii Mechanicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

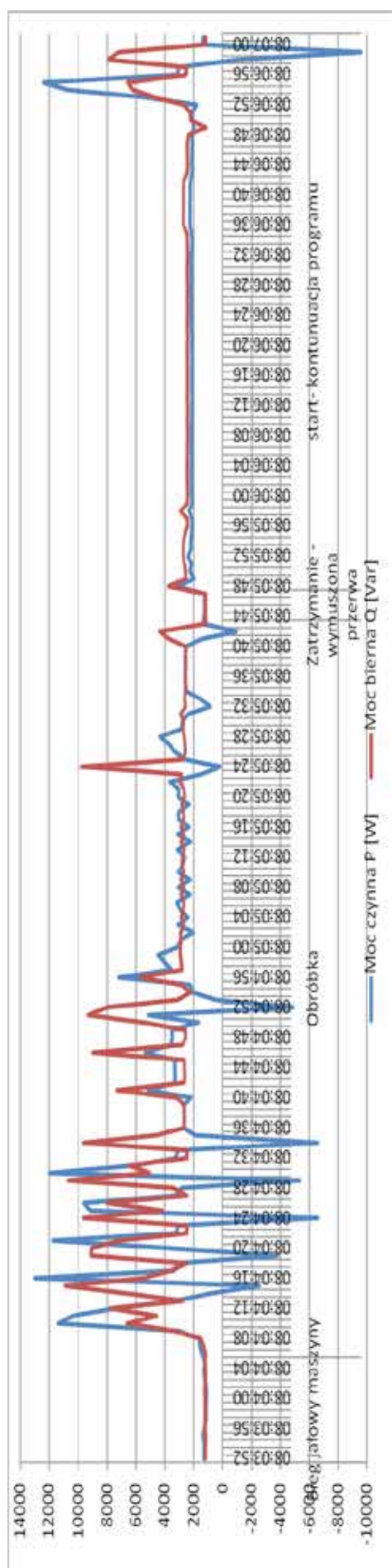


Rys. 2. Zdjęcie wyrobu: a) widok z przodu, b) widok z góry

Całkowity czas obróbki pojedynczego wyrobu trwał 2 min 56 s, w tym 4 s zajmowało wymuszone zatrzymanie procesu obróbki w celu usunięcia wiórów. Szczegółowe dane dotyczące procesu obróbki z uwzględnieniem czasu przebrojenia zestawiono w tabl. I.

TABLICA I. Zestawienie danych dla procesu toczenia wyrobu

Operacja	Czas s	Energia czynna kWh	Energia bierna kVar · h	tan φ
Przebrojenie maszyny	758	0,289	0,245	0,85
Obróbka jednego wyrobu	172	0,127	0,162	1,27
Przestój wymuszony dla jednego wyrobu	4	0,002	0,003	1,17
Bieg jałowy dla jednego wyrobu – wyjęcie obrobionego wyrobu i zamontowanie materiału do obróbki	20	0,007	0,007	0,96
Wyprodukowanie 124 wyrobów	25062	17,238	21,480	1,25



Rys. 3. Szczegółowy wykres zapotrzebowania na moc czynną i bierną do produkcji jednego elementu

Podane w tabeli czasy wymuszonego zatrzymania oraz biegu jałowego, w czasie którego następowała zmiana wyrobu z obrobionego na materiał do obróbki, zostały uśrednione na podstawie przeprowadzonych pomiarów. Dla zobrazowania ilości pobieranej energii czynnej i biernej oraz kosztów, jakie są z tym związane, przedstawiono wyniki dla produkcji 124 elementów w ciągu jednej zmiany.

Okres próbkowania pomiaru mocy czynnej i biernej wynosił 1 s. Szczegółowy wykres zapotrzebowania na moc czynną i bierną do produkcji jednego elementu przedstawiono na rys. 3.

Z przedstawionych w tabl. I danych wynika, że na potrzeby produkcji 124 wyrobów potrzebne jest dostarczenie ok. 17 kWh energii czynnej oraz ok. 21 kVar · h energii biernej.

Zakładając, że koszt jednej kWh wynosi 0,25 zł netto, to koszt energii elektrycznej wynosi 4,31 zł netto, co daje 5,30 zł brutto.

Przy założeniu braku kompensacji mocy biernej koszt energii elektrycznej niezbędnej do produkcji 124 wyrobów będzie wynosił przy uwzględnieniu poniższego wzoru 7,15 zł. Koszt całkowity energii elektrycznej, uwzględniający zarówno energię czynną, jak i bierną wzrósł o 34,9%.

$$O_b = k * C_{rk} * \left(\sqrt{\frac{1 + \tan^2 \varphi}{1 + \tan^2 \varphi_0}} - 1 \right) * A$$

gdzie:

O_b – opłata za nadwyżkę energii biernej w złotych,

k – ustalona w taryfie krotność ceny,

C_{rk} – średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym, na dzień zatwierdzenia taryfy operatora,

$\tan^2 \varphi_0$ – umowny współczynnik mocy,

$\tan^2 \varphi$ – współczynnik mocy wynikający z pobranej energii biernej,

A – energia czynna pobrana całodobowo.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że analizując efektywność energetyczną obrabiarek i procesu obróbki skrawaniem, nie możemy zwracać uwagi tylko na redukcję zużycia energii czynnej. Równie istotnym parametrem, szczególnie dla przedsiębiorstw, ale także dla działania całej sieci energetycznej, może się okazać jakże często pomijana we wszelkich pomiarach i analizach energia bierna.

LITERATURA

- Bunse K., Vodicka M., Schönsleben P., Brühlhart M., Ernst F.O. "Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature". *Journal of Cleaner Production*. No. 19 (2011): pp. 667-679.
- www.polseff2.org, poradnik dla przedsiębiorcy „Poprawa efektywności energetycznej w przedsiębiorstwie z sektora obróbki metali i produkcji artykułów metalowych. Sposoby na obniżenie kosztów użytkowania energii”. PolSEFF2.
- Plutecki Z., Krupa E. „Poprawa efektywności energetycznej przedsiębiorstw poprzez standaryzację procesu zarządzania energią”. *Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*. T. I (2015), cz. III: s. 502-509.
- Stembalski M. „Sposoby ograniczenia zużycia energii przez obrabiarki skrawające od metali”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*. R. 49. Nr 5 (2010): s. 107-108.
- Grzesik W. „Podstawy projektowania i optymalizacji ekologicznych procesów obróbki skrawaniem”. *Mechanik*. Nr 3 (2013): s. 153-164.
- Honczarenko J. „Ekologiczne obrabiarki”. *Mechanik*. Nr 5-6 (2012): s. 371-375.
- Dufolou J.R., Sutherland J.W., Dornfeld D. et al. "Towards energy and resource efficient manufacturing: a process and system approach". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 62. No. 2 (2012): pp. 587-609.