

Analiza wpływu planowania procesu produkcyjnego na wykorzystanie maszyn oraz efektywność energetyczną

Analysis of the impact of planning the production process on machine use and energy efficiency

AGNIESZKA TERELAK-TYMCZYNA
ANDRZEJ JARDZIOCH *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.335

Przedsiębiorstwa coraz częściej zauważają konieczność nadążania za zmieniającymi się przepisami w zakresie efektywności energetycznej, przy jednoczesnym zmniejszaniu kosztów produkcji. Celem artykułu jest przedstawienie wpływu procesu planowania przepływu zleceń produkcyjnych na wykorzystanie maszyn oraz oszczędność energii elektrycznej.

SŁOWA KLUCZOWE: efektywność energetyczna, planowanie produkcji

Enterprises are increasingly recognizing the need to keep up with the changing rules in the field of energy efficiency, while reducing the production costs. The aim of this article is to present the impact of the planning process flow of production orders on the use of machines and electricity savings.

KEYWORDS: Energy efficiency, production planning

Efektywność energetyczna procesów produkcyjnych w ostatnich latach stała się elementem zainteresowania zarówno samych przedsiębiorstw, jak również gospodarki globalnej i krajowej. Świadczy o tym polityka krajowa [1] oraz polityka energetyczna UE [2], a także wzrastająca liczba publikacji [3÷10] z tego obszaru.

Przedsiębiorstwa coraz częściej zauważają konieczność z jednej strony nadążania za zmieniającymi się przepisami w zakresie efektywności energetycznej i środowiskowej, z drugiej strony zmniejszania kosztów produkcji i wzrostu konkurencyjności ich produktów. Jednym z sposobów osiągnięcia tych korzyści jest wprowadzenie systemu planowania produkcji nadzorującego przepływ strumieni energetycznych.

Głównym strumieniem energetycznym wykorzystywanym przy obróbce skrawaniem jest energia elektryczna.

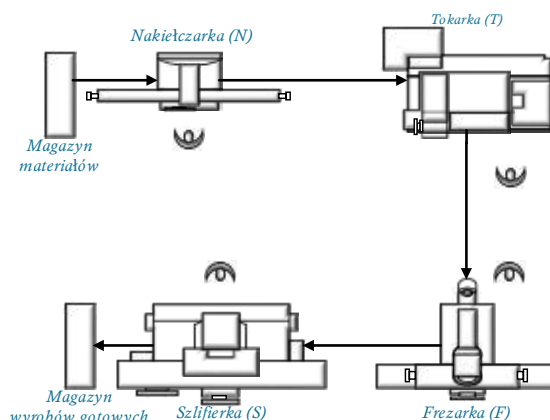
Energia elektryczna w procesach produkcyjnych wykorzystywana jest głównie do napędzania silników w maszynach, oświetlania hali produkcyjnej, wytwarzania sprężonego powietrza, zasilania wentylacji.

Celem pracy jest przedstawienie wpływu procesu planowania przepływu zleceń produkcyjnych w przedsiębiorstwie na oszczędności energii elektrycznej oraz wykorzystanie maszyn.

Analiza procesu produkcyjnego

Analizie poddano proces produkcji przedmiotów z odkuwek, głównie typu wałek. Produkcja odbywa się w gniazdach produkcyjnych. Struktura gniazda została przedstawiona na rys. 1. Każda z maszyn obsługiwana jest przez

jednego operatora. Praca odbywa się w systemie ciągłym. Pracownicy pracują po 8 godzin z 30-minutową przerwą.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia maszyn w analizowanym gnieździe produkcyjnym

Parametry znamionowe pracy maszyn przedstawiono w tabl. I.

TABLICA I. Parametry znamionowe maszyn

Nazwa parametru	Maszyny			
	Nakiełczarka NPF 120N	Tokarka CL 253	Frezarka NMV1500 DCG	Szlifierka RT 600
Moc znamionowa	7,5 kW	33,3k VA	42,1 kVA	25 kW

W systemie realizowane są cztery różne zlecenia produkcyjne (Z1, Z2, Z3, Z4). Dla każdego zlecenia określone zostały marszruty technologiczne oraz czasy obróbkowe na poszczególnych maszynach (tabl. II). Symbol x w tabl. II oznacza, że dane zlecenie nie jest realizowane na danym stanowisku.

TABLICA II. Charakterystyka zleceń

Charakterystyka	Zlecenie			
	Z1	Z2	Z3	Z4
Czasy przygotowawczo-zakończeniowe, min				
N	10	10	10	x
T	20	20	x	20
F	20	x	20	20
S	10	10	10	10
Czasy obróbki, min				
N	1:21	1:21	1:21	x
T	3:42	3:22	x	3:32
F	3:03	x	2:13	2:13
S	5:21	3:11	3:21	3:21

* Dr inż. Agnieszka Terelak-Tymczyna (aterelak@zut.edu.pl), dr hab. inż. Andrzej Jardzioch (andrzej.jardzioch@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Technologii Mechanicznej

W celu określenia zużycia energii elektrycznej w trakcie procesu produkcyjnego zdefiniowano wielkości energii elektrycznej pobieranej przez maszyny podczas obróbki, przezbrajania oraz postoju. Na podstawie badań przeprowadzonych na rzeczywistych maszynach stwierdzono, iż w trakcie obróbki przedmiotów maszyna pobiera ok. 20÷30% mocy znamionowej. Takie wykorzystanie mocy wynika z przyjętych parametrów skrawania (prędkości skrawania, głębokości, posuwu). Bieg jałowy obrabiarki (czas postoju maszyny i oczekiwania na proces obróbki) charakteryzuje się zużyciem energii elektrycznej na poziomie średnio 16% mocy znamionowej. W trakcie przezbrojenia (czasu przygotowawczo-zakończeniowego) maszyna pobiera średnio 17% mocy znamionowej.

Korzystając z wyznaczonych procentowych wielkości energii elektrycznej zużywanej na poszczególnych etapach procesu obróbki przedmiotu obliczone zostały wielkości mocy dla poszczególnych maszyn (tabl. III)

TABLICA III. Wielkości mocy przyjęte do obliczeń dla każdej z maszyn

Nazwa parametru	Maszyny			
	N kW	T kW	F kW	S kW
Moc wykorzystywana w trakcie postoju maszyny	1,2	4,9	6,24	4
Moc wykorzystywana w trakcie czasu przygotowawczo-zakończeniowego	1,275	5,2	6,6	4,25
Moc wykorzystywana w trakcie obróbki detalu	2,25	9,3	11,7	7,5

Wyniki badań symulacyjnych procesu produkcyjnego

Model symulacyjny został wykonany w programie Plant Simulation 11.

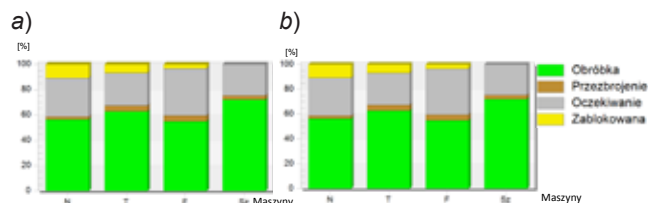
Podczas planowania procesu produkcyjnego niewątpliwie ważnym elementem jest szeregowanie zleceń. W analizowanym przypadku mamy do czynienia z czterema zleceniami, dlatego przyjęto pełny plan badań i przeprowadzono 24 symulacje.

Najlepsze wyniki uzyskano dla uszeregowania Z2, Z3, Z4, Z1 oraz Z3, Z4, Z2, Z1, dla których całkowite zużycie energii elektrycznej wyniosło 530,56 kWh. Całkowity czas realizacji 4 zleceń wyniósł 21 godzin i 1 minutę. Najgorszy rezultat, tj. 544,97 kWh, czyli o 2,7% wyższy poziom zużycia energii, uzyskano dla uszeregowania: Z2, Z3, Z1, Z4 oraz Z3, Z2, Z1, Z4. Całkowity czas realizacji 4 zleceń o najwyższym poziomie wykorzystania energii elektrycznej wyniósł 21 godzin i 52 minuty, czyli był o 4% dłuższy.

TABLICA IV. Zestawienie wyników symulacji dla najbardziej efektywnej energetycznie kolejności zleceń, z uwzględnieniem zużycia energii elektrycznej dla poszczególnych maszyn

Kolejność zleceń	Maszyna	Energia, kWh			
		Całkowita	Obróbka	Przezbrojenie	Oczekiwanie na obróbkę
Z2 Z3 Z4 Z1	N	37,68	26,62	0,64	10,42
	T	161,22	122,45	5,20	33,56
	F	194,45	134,87	6,60	52,97
	S	137,22	113,54	2,83	20,84
	Suma	530,56	397,49	15,27	117,79
Z3 Z4 Z2 Z1	N	37,68	26,62	0,64	10,42
	T	161,22	122,45	5,20	33,56
	F	194,45	134,87	6,60	52,97
	S	137,22	113,54	2,83	20,84
	Suma	530,56	397,49	15,28	117,79

Szczegółowe zużycie energii oraz wykorzystanie maszyn dla uszeregowania o największej efektywności energetycznej przedstawiono w tabl. IV oraz na rys. 2. Oczekiwanie oznacza, że maszyna nie jest wykorzystywana i oczekuje na kolejny przedmiot do obróbki. Natomiast maszyna zablokowana oznacza, że obróbka elementu się skończyła, jednakże przedmiot blokuje maszynę, oczekując na kolejny proces.



Rys. 2. Procentowy rozkład wykorzystania maszyn w czasie realizacji zleceń dla poszczególnych maszyn: a) kolejność zleceń Z2, Z3, Z4, Z1, b) kolejność zleceń Z3, Z4, Z2, Z1

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że planowanie produkcji, w szczególności szeregowanie zleceń, może mieć istotny wpływ zarówno na wykorzystanie maszyn, co wpływa na skrócenie czasu realizacji zleceń produkcyjnych, jak również na efektywność energetyczną realizowanych procesów. Badania wskazują, że już dla czterech zleceń jesteśmy w stanie, tylko poprzez odpowiednie uszeregowanie zleceń produkcyjnych, osiągnąć poprawę efektywności energetycznej na poziomie 2,7% oraz skrócenie czasu realizacji o 4%. Jest to o tyle istotne, że taką korzyść jesteśmy w stanie osiągnąć bez jakichkolwiek inwestycji, jedynie poprzez odpowiednie zarządzanie procesem produkcyjnym.

W ramach dalszych badań należy przeanalizować wpływ ilości przezbrojeń na poprawę efektywności energetycznej i wzrost wykorzystania maszyn.

LITERATURA

- Ministerstwo Gospodarki. „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r., dokument dostępny na stronie: www.mg.gov.pl/files/upload/8134/Polityka%20energetyczna%20ost.pdf.
- European Commission. “Directive 2006/32/EC of the European parliament and of the council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy service and repealing council directive 93/76/EEC”. Dostępny na stronie: <http://eur-lex.europa.eu>.
- Weinert N., Chiotellis S., Seliger G. “Methodology for planning and operating energy-efficient production systems”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. No. 60 (2011): pp. 41÷44.
- Diaz N., Helu M., Jarvis A. et al. “Strategies for minimum energy operation for precision machining”. *The Proceedings of MTTRF 2009 Annual Meeting*. 2009: pp. 47÷50.
- Kara S., Li W. “Unit process energy consumption models for material removal processes”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. No. 60 (2011): pp. 37÷40.
- Diaz N., Ninomiya K., Noble J., Dornfeld D. “Environmental impact characterization of milling and implications for potential energy savings in industry”. *5th CIRP Conference on High Performance Cutting. Procedia CIRP 1*. 2012: pp. 535÷540.
- Herrmann Ch., Thiede S. “Process chain simulation to foster energy efficiency in manufacturing”. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. No. 1 (2009): pp. 221÷229.
- Li W., Winter M., Kara S., Herrmann Ch. Eco-efficiency of manufacturing process: a grinding case. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. No. 61 (2012): pp. 59÷62.
- Herrmann C., Thiede S., Kara S., Hesselbach J. “Energy oriented simulation of manufacturing systems – Concept and application”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. No. 60 (2011): pp. 45÷48.
- Grzesik W. „Podstawy projektowania i optymalizacji ekologicznych procesów obróbki skrawaniem”. *Mechanik*. R. 86. Nr 3 (2013): s. 153÷164.