

# Automatyzacja procesu obróbki elementów o dużych gabarytach

## Machining process automation of large-size elements

MACIEJ MATUSZEWSKI  
IVAN L. OBORSKI  
MICHAŁ STYP-REKOWSKI \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.23>

Wskazano czynniki determinujące proces wytwarzania obrabiarek skrawających przeznaczonych do obróbki elementów wielkogabarytowych (EWg), zwłaszcza w zakresie automatyzacji tego procesu. Istotnym, uwzględnionym w pracy zagadnieniem jest to, że obrabiarki coraz częściej mają strukturę modułową. **SŁOWA KLUCZOWE:** automatyzacja, obrabiarka skrawająca, elementy wielkogabarytowe, proces wytwarzania

*In the paper factors which there were indicated determine manufacturing process of machine tools predestined for large-size elements machining, especially in the range of automation. The essential problem, considering in this paper is fact that machine tools often and often have modular structure.*

**KEYWORDS:** automation, machine tool, large-size element, manufacturing process

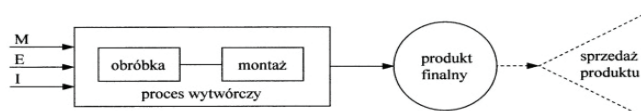
Proces produkcyjny to ciąg działań, których celem jest wytworzenie produktu finalnego realizującego określone zadania. W jego strukturze są przede wszystkim procesy technologiczne, w wyniku których nadaje się elementom składowym produktu określone kształty oraz cechy, które pozwalają w sposób efektywny te zadania realizować.

Analizy możliwości i efektywności automatyzacji działań w procesie wytwórczym dokonano na przykładzie obrabiarek skrawających przeznaczonych do obróbki elementów wielkogabarytowych (EWg). Takich maszyn jest coraz więcej, gdyż współcześnie obserwuje się rosnące zapotrzebowanie na tego typu elementy [1, 7]. Ze względu na swoje przeznaczenie obrabiarki takie charakteryzują się również dużymi gabarytami, co implikuje pewne cechy charakterystyczne i ograniczenia w zakresie automatyzacji procesu ich wytwarzania. Istotnym zagadnieniem jest to, że obrabiarki coraz częściej mają strukturę modułową.

Celem niniejszego opracowania jest wskazanie czynników determinujących proces wytwarzania obrabiarek o dużych gabarytach, zwłaszcza w zakresie jego automatyzacji. Uzyskane rezultaty mogą być przydatne zarówno dla konstruktorów jak i wytwórców nie tylko tej grupy maszyn technologicznych.

### Struktura procesu wytwarzania

W procesie wytwarzania można wyróżnić dwie główne fazy (rys. 1). Pierwsza z nich to obróbka elementów tworzących poszczególne pary kinematyczne. Druga faza to montaż elementów w całość, bądź – w przypadku złożonych konstrukcji – w podzespoły lub zespoły.

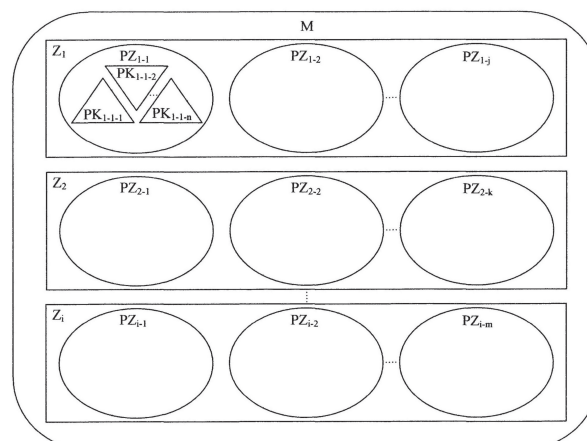


Rys. 1. Elementy struktury procesu wytwórczego z zaznaczonymi wejściami:  $M$  – masy,  $E$  – energii,  $I$  – informacji

W wyniku realizacji procesu wytwórczego powstaje produkt finalny, który może mieć bardzo zróżnicowaną strukturę konstrukcyjną, od najprostszej (np. spinacz) do bardzo złożonej (np. centrum obróbkowe CNC). W literaturze fachowej, np. [5], prezentowana jest koncepcja, że do procesu wytwórczego zalicza się także sprzedaż wytworzonego produktu finalnego. Zdaniem autorów jest ona jednak dyskusyjna.

### Modułowa struktura obrabiarek skrawających

Pod względem strukturalnym obrabiarka skrawająca to maszyna ( $M$ ), w której strukturze występują zespoły funkcyjne, z których każdy spełnia inne zadanie, przy czym zespoły te stanowią najczęściej integralny moduł. Można zatem przyjąć, że obrabiarka to zbiór zespołów funkcyjnych ( $Z_i$ ) skonfigurowanych w sposób odpowiedni do nałożonych zadań – rys. 2.



Rys. 2. Schemat ideowy obrabiarki o strukturze modułowej

W strukturze zespołów mogą występować podzespoły podzespołów ( $PZ_j$ ), składających się z par kinematycznych ( $PK_n$ ) prostych lub złożonych, przy czym liczność poszczególnych zbiorów i podzbiorów jest zazwyczaj różna i zależna od funkcji, jakie mają one realizować. Potwierdza to przeprowadzona analiza postaci konstrukcyjnych szeregu obrabiarek [3]. Przykład obrabiarki do obróbki elementów wielkogabarytowych przedstawiono na rys. 3.

\* Dr hab. inż. Maciej Matuszewski (matus@utp.edu.pl), doc. dr inż. Ivan L. Oborski (ivanoborski@mail.ua), prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski (m.styprekowski@wp.pl)



Rys. 3. Centrum obróbkowe z możliwością przemieszczeń roboczych w osiach: X= 14 700 mm, Y = 4 000 mm i Z = 2 050 mm

Moduły funkcyjne obrabiarek mają zazwyczaj bardzo zaawansowane konstrukcje, których wytworzenie z niezbędną jakością wymaga odpowiedniego doświadczenia i dobrze wyposażonego zaplecza produkcyjnego. Wymagania te powodują, że wytwarzaniem poszczególnych modułów zajmują się firmy wyspecjalizowane w wąskim zakresie asortymentowym (np. produkujące wrzecienniki, układy sterowania, magazyny narzędzi). W każdej z tych grup asortymentowych można wymienić wiodące w skali światowej firmy [3]. Taka specjalizacja sprawia, że producenci obrabiarek stają się w pewnym stopniu – niekiedy dużym – ich montażyстами.

Opisana struktura, obserwowana zarówno w maszynach dużych jak i małych, przyczynia się bezpośrednio do zwiększenia dokładności, a pośrednio także oczekiwanej jakości ich wykonania. Uzyskanie tych pozytywnych cech wymaga jednak spełnienia określonych wymagań [6, 8]. Struktura modułowa powoduje również, że łatwiejszy jest montaż obrabiarek, gdyż mniejsze są gabaryty i ciężar poszczególnych zespołów.

### Automatyzacja procesu wytwarzania

Działania prowadzone w wyszczególnionych na rys. 1 dwóch fazach procesu wytwarzania mają całkowicie odmienny charakter. Możliwość i celowość automatyzacji w każdej z nich jest także zróżnicowana [4].

■ **Automatyzacja obróbki.** Automatyzacja obróbki wynika z zastosowania w procesie centrów obróbkowych CNC. Przy modułowej strukturze obrabiarek największe znaczenie ma obróbka korpusu. Od jej dokładności wymiarowej i kształtowej będzie zależeć dokładność pracy całej obrabiarki.

W automatycznej obróbce skrawaniem EWg bardzo istotne jest śledzenie stanu narzędzia. Podczas obróbki ostrza narzędzia zużywają się, w rezultacie czego powierzchnia na początku obróbki ma inne cechy niż na końcu. Dotyczy to zarówno topografii powierzchni, jak i odchyłek wymiarowych. W obróbce skrawaniem takie zjawisko jest rzeczą naturalną, lecz nie generuje istotnych dla dokładności obróbki skutków. W przypadku elementów o dużych wymiarach proces zużywania się narzędzia może skutkować odchyłkami przekraczającymi wartości dopuszczalne. Z tego powodu w programach obróbki NC obok monitorowania stanu narzędzi należy uwzględnić także możliwość kompensacji ich położenia, najlepiej w 3D.

Zagadnieniem istotnym dla jakości obróbki EWg jest mocowanie elementu na obrabiarce oraz transport międ-

zystanowiskowy. Ze względu na możliwości odkształcenia pod własnym ciężarem należy starannie dobrać punkty podparcia. Z tego samego powodu istotne jest właściwe podparcie obrabianego elementu podczas transportu (o ile występuje). Technicznie uzasadnione może się okazać zmechanizowanie transportu w przypadku produkcji powtarzalnej.

■ **Automatyzacja montażu.** W przypadku wytwarzania złożonych obiektów technicznych, a takimi są na pewno współczesne obrabiarki skrawające, odrębnym zagadnieniem jest automatyzacja montażu. Zespoły funkcyjne (moduły) obrabiarek do obróbki EWg to w przewadze także elementy o dużych wymiarach. Produkcja obrabiarek o takim przeznaczeniu jest nieliczna – praktycznie ma ona charakter jednostkowy. W takiej produkcji nie ma ekonomicznego ani technicznego uzasadnienia, aby automatyzować czynności montażowe. Uzasadnione może być natomiast automatyzowanie montażu poszczególnych modułów takich obrabiarek. Liczność ich produkcji jest wyraźnie większa, gdyż mogą występować w różnych typach obrabiarek, mniejsze są także wymiary elementów składowych, a tym samym ich ciężar. Czynności montażowe są więc łatwiejsze, ich automatyzacja również. W praktyce do tego celu stosuje się manipulatory o odpowiedniej liczbie stopni swobody. Zawsze jednak należy rozważyć aspekt ekonomiczny takich działań.

### Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych rozważań można stwierdzić, że procesy wytwarzania elementów o dużych wymiarach mają cechy charakterystyczne, różniące je od elementów o gabarytach niekwalifikujących się jako EWg [2]. W zakresie automatyzacji procesu wytwarzania jako najistotniejsze cechy charakterystyczne można uznać:

- konieczność monitorowania stanu narzędzi, zwłaszcza w obróbce skrawaniem, oraz korygowania ich położenia w 3D względem przedmiotu obrabianego – kompensowanie skutków procesu zużywania się,
- ze względu na niewielką licznosc produkcji nie jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione automatyzowanie procesu montażu maszyn do obróbki EWg,
- godne rozważenia jest zmechanizowanie transportu międzystanowiskowego elementów EWg.

### LITERATURA

1. Borowski Z., Matuszewski M., Musiał J., Styp-Rekowski M. „Organizacyjne i ekonomiczne uwarunkowania procesów wytwarzania elementów wielkogabarytowych”. *Zeszyty Naukowe Pol. Rzeszowskiej* (seria: Mechanika). 279, 83 (2011): s. 219–224.
2. Bromberek F., Musiał J., Styp-Rekowski M., Węgrzyniak T. „Montażowe aspekty produkcji elementów wielkogabarytowych”. *Technologia i Automatyzacja Montażu*. 2 (2011): s. 21–23.
3. Katalogi firm (producentów obrabiarek): DMG Mori, HAAS, JAF0, MARCOSTA, MAZAK, MIKROMAT, OKUMA, Prima Power oraz komponentów obrabiarkowych: Bosch Rexroth, Fanuc, Heidenhain, Siemens.
4. Marciniak M. (red.). „Elementy automatyzacji we współczesnych procesach wytwarzania”. Warszawa: Oficyna Wydawnicza PW, 2007.
5. Pająk E. „Zarządzanie produkcją i usługami”. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, 2014.
6. Styp-Rekowski M. Konstrukcyjne i technologiczne aspekty modułowej budowy obrabiarek. *Inżynieria Maszyn*, z. 1/2006, s. 17–29.
7. Styp-Rekowski M., Mańka E. „Minimalizowanie zużycia lin stalowych górniczych mechanizmów wyciągowych”. *Materiały XXX Ogólnopolskiej Konferencji Tribologicznej*. Radom–Nałęczów: 2009, s. 124–132.
8. Szafarczyk M., Niedbała M., Ratyński M., Śniegulska-Grądzka D. „Obrabiarki modułowe, przekształcalne, przestawialne”. *Mechanik*. 1 (2003): s. 719–721. ■