

# Przykład racjonalizacji czasu obróbki przedmiotu klasy korpus realizowanej na centrum frezarskim

Piotr Niesłony

## 1. Wprowadzenie

Proces technologiczny jest nieodzownym i podstawowym elementem procesu produkcyjnego, podczas którego definiuje się kolejne etapy modyfikacji kształtu, wymiarów, jakości powierzchni czy struktury i właściwości wyrobu w celu uzyskaniażądanego produktu. Proces ten przebiega przeważnie wieloetapowo. Każdy z etapów, określanych jako operacje lub szczegółowiej jako zamocowania, zabiegi, czynności itd., jest przyjętym rozwiązaniem spełniającym minimalne kryteria konstrukcyjne, użytkowe czy ekonomiczne. W wielu przypadkach nie są to rozwiązania optymalne, a nawet racjonalne. Samo określenie odpowiedniego kryterium racjonalności procesu może, na poziomie technologa, stwarzać zasadnicze problemy. Trudno w danych warunkach produkcyjnych jednoznacznie stwierdzić, czy zastosowana do obróbki konkretnej powierzchni obrabiarka, narzędzie czy parametry technologiczne są optymalne (wg ustalonych kryteriów) i czy nie udałoby się znaleźć lepszych rozwiązań. W wielu przypadkach głównym czynnikiem weryfikującym dany proces technologiczny jest jednoznaczna i czytelna odpowiedź konkurencyjnego rynku.

Problem optymalizacji procesów technologicznych jest poruszany i analizowany przez wielu autorów [2, 3, 4, 9]. W tym

obszarze uwzględnia się zarówno kryteria technologiczne (jakość powierzchni, trwałość narzędzi, dokładność wymiarowo-kształtową wyrobu), jak również kryteria ekonomiczne (koszt jednostkowy, koszt utylizacji czy oddziaływania technologii na środowisko).

W artykule skoncentrowano się na problemie minimalizacji czasu obróbki. Czas obróbki wyrobu jest jednym z podstawowych aspektów podlegających ocenie podczas projektowania procesu technologicznego. Na minimalizację czasu obróbki ma wpływ wiele czynników. Sumaryczny czas realizacji procesu produkcyjnego to czas poświęcony samym operacjom technologicznym, jak również czas konieczny do przeprowadzenia czynności pomocniczych i czas przerw. Przykładową strukturę czasu realizacji procesu produkcyjnego przedstawia rys. 1.

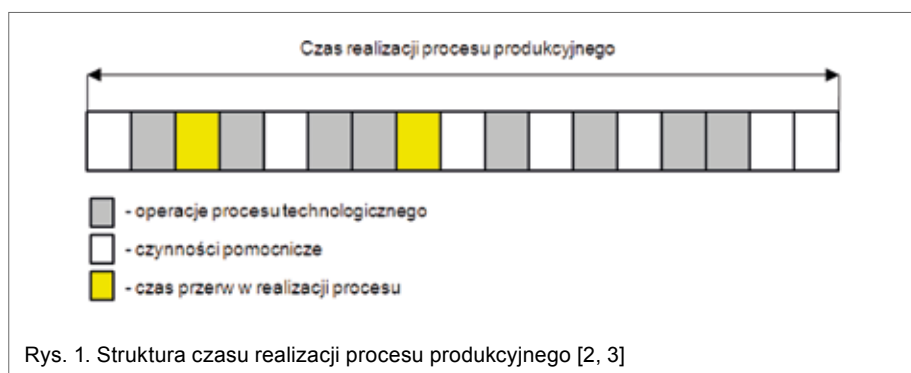
Strukturę normy czasu trwania operacji za Feldem [4, 5] przedstawiono na rys. 2. Wynika z niej, że sposób zaplanowania technologii obróbki ma zasadniczy wpływ na czas wykonania wyrobu  $t_w$ , czyli na czas główny  $t_g$  oraz czas pomocniczy  $t_p$ . W tym obszarze można poprzez zmianę parametrów technologicznych czy dostosowanie oprzyrządowania lub modyfikację technologii obróbki uzyskać realne zmniejszenie czasu reali-

**Streszczenie:** Czas obróbki wyrobu jest jednym z podstawowych aspektów podlegających ocenie podczas projektowania procesu technologicznego. Na minimalizację czasu obróbki ma wpływ wiele czynników. W artykule przedstawiono przykładowe rozwiązania racjonalizacji tego parametru dla procesu technologicznego przedmiotu dedykowanego do obróbki na centrum frezarskim w produkcji wielkoseryjnej.

**Słowa kluczowe:** obróbka skrawaniem, czas jednostkowy, proces technologiczny, racjonalizacja parametrów technologicznych

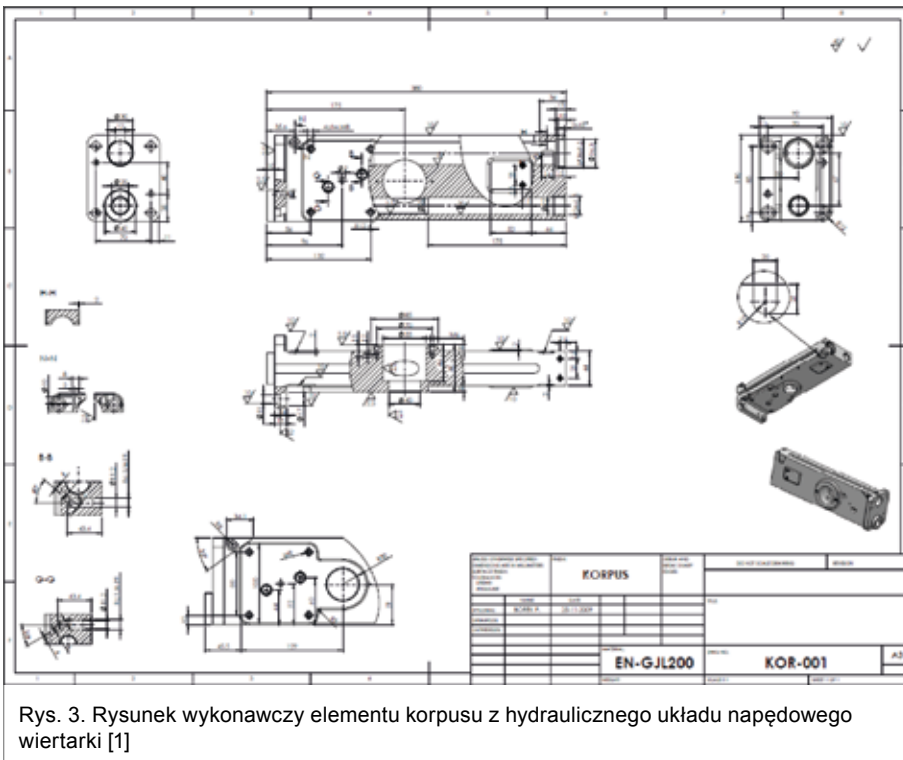
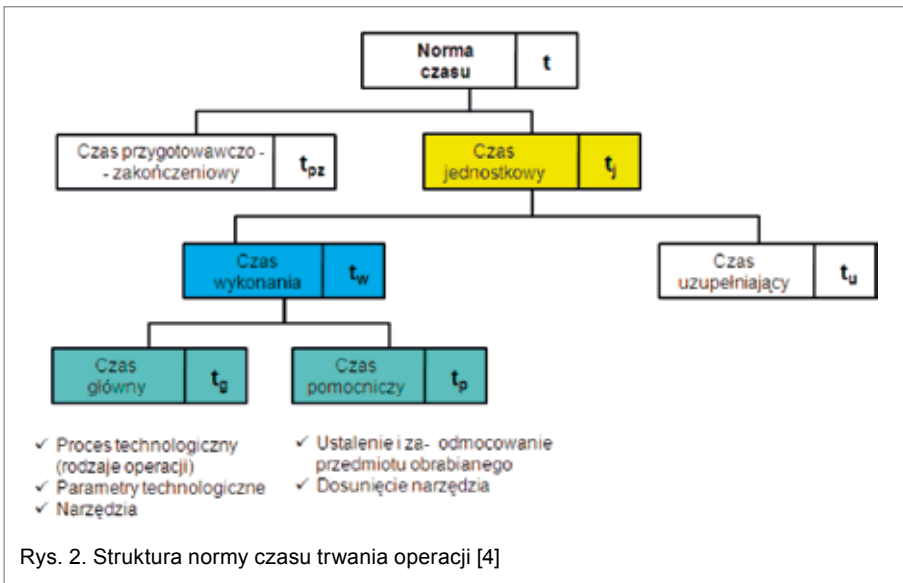
**Abstract:** The machining time is one of the fundamental aspects to be evaluated during the process development. The minimization of the machining time depends on many factors. The article presents examples of solutions of this rationalization of technological process parameter for the object dedicated to working on milling center in the large-lot production.

**Key words:** machining, cycle time, technological process, rationalization of process parameters.



zacji procesu. Czas przygotowawczo-zakończeniowy  $t_{pz}$  oraz czas uzupełniający  $t_u$  uzależniony jest w istotnym stopniu od czynnika ludzkiego.

Czasy jednostkowy  $t_j$  jest jednym z podstawowych kryteriów oceny procesu technologicznego. Jednak jedynie czas wykonania  $t_w$  jest tym składnikiem czasu jednostkowego, który możliwy jest do matematycznego wyznaczenia, a tym samym może podlegać procesowi przewidywalnej optymalizacji. Z tego też



względem w pracy podjęto próbę racjonalizacji procesu technologicznego elementu przewidzianego do obróbki kompletnej na centrum frezarskim w produkcji wielkoseryjnej właśnie w aspekcie minimalizacji czasu  $t_w$ .

## 2. Racjonalizacja procesu technologicznego przedmiotu dedykowanego do obróbki na centrum frezarskim w produkcji wielkoseryjnej

Rodzaj produkcji ma istotne znaczenie podczas tworzenia procesu technologicznego. Jeśli bazuje na ustalonym

jego rodzaju, tj. produkcji jednostkowej, seryjnej czy masowej, możliwe staje się wykorzystanie dostępnych w literaturze wzorcowych procesów technologicznych [2, 4, 9]. Ogólnie znane są podstawowe różnice między produkcją jednostkową a seryjną.

Zastosowanie maszyn i narzędzi komercyjnych, brak rozbudowanej, szczegółowej dokumentacji technologicznej oraz wykorzystanie wiedzy i umiejętności wykwalifikowanej kadry technicznej, to cechy produkcji jednostkowej. Produkcja seryjna, w zależności od odmiany, w większym lub mniejszym stopniu opiera się na kompleksowym przygotowaniu

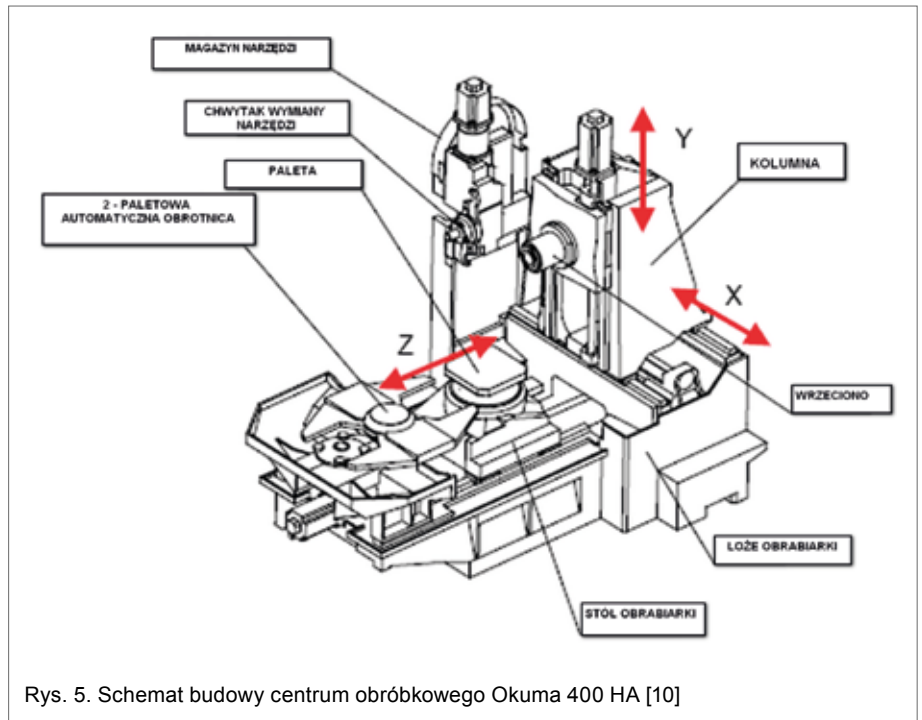


Rys. 4. Centrum obróbkowe Okuma 400 HA do obróbki analizowanego korpusu [1, 10]

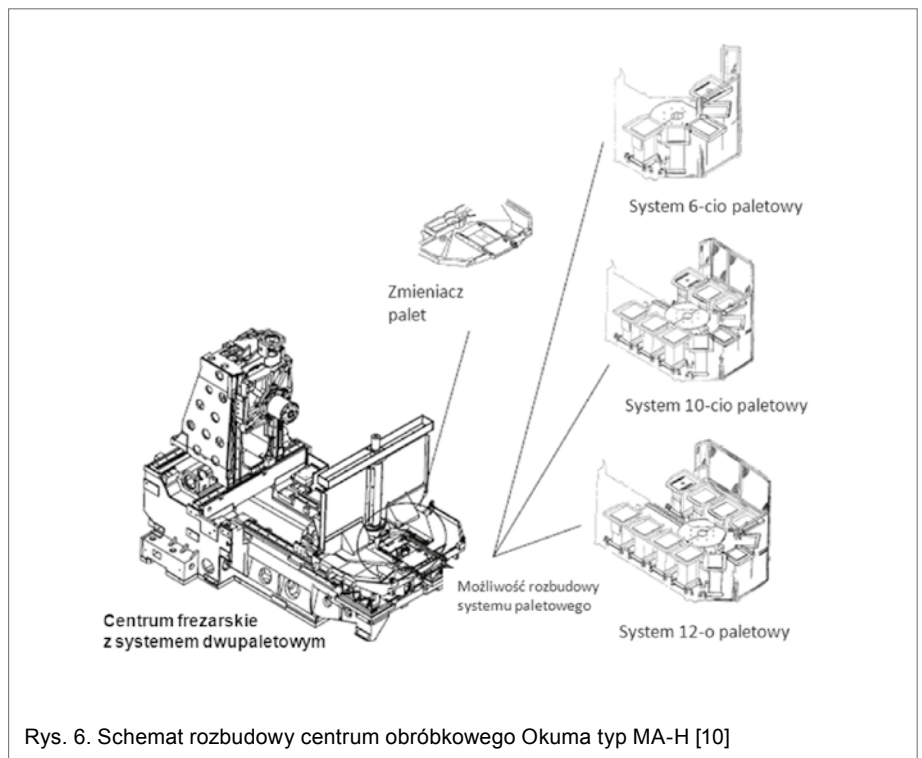
dokumentacji technologicznej. Uwzględnia się w niej narzędzia i oprzyrządowania specjalne dostosowane do mniej zaawansowanych technicznie obrabiarek (specjalnych czy specjalizowanych) obsługiwanych przez pracowników jedynie przeszkolonych do ich obsługi. W takim przypadku jednym z istotnych aspektów racjonalizacji procesu jest poprawne opracowanie oprzyrządowania technologicznego [6]. Przykład takich rozwiązań podany zostanie w niniejszym artykule.

Analizie poddano proces technologiczny produkowanego seryjnie elementu korpusu hydraulicznego układu napędowego wiertarki. Jest to zaawansowany technicznie przedmiot, wymagający od wykonawcy utrzymania wysokich wymagań dokładności, jakości powierzchni, kształtu oraz współosiowości elementów konstrukcyjnych. Na rys. 3 przedstawiono jego dokumentację konstrukcyjną.

Przyjęto, że korpus będzie obrabiany na frezarskim centrum obróbkowym. Wykorzystanie obrabiarki z magazynem palet umożliwi znaczące przyspieszenie procesu produkcyjnego ze względu na wyeliminowanie czasów przestoju związanych z zabiegami pozycjonowania i mocowania obrabianych elementów. Kief [7] twierdzi, że jeżeli przedmioty obrabiane zamocowane na paletach są automatycznie dostarczane do obrabiarki, a następnie usuwane, to mówi się wówczas o stacjach obróbkowych. Kosmol [8] przykładowo podaje, że w projekcie normy [11] definiuje się również pojęcie centrum obróbkowego spaletyzowanego. Jest to centrum obróbkowe przystosowane do zamocowania na stole roboczym palet przedmiotowych. Zawiera zwykle dołączone do centrum stanowisko załadunku-rozładunku palet lub magazyn palet oraz działający automatycznie zmieniacz palet. W definicji centrum spaletyzowanego położono nacisk na automatyzację



Rys. 5. Schemat budowy centrum obróbkowego Okuma 400 HA [10]



Rys. 6. Schemat rozbudowy centrum obróbkowego Okuma typ MA-H [10]

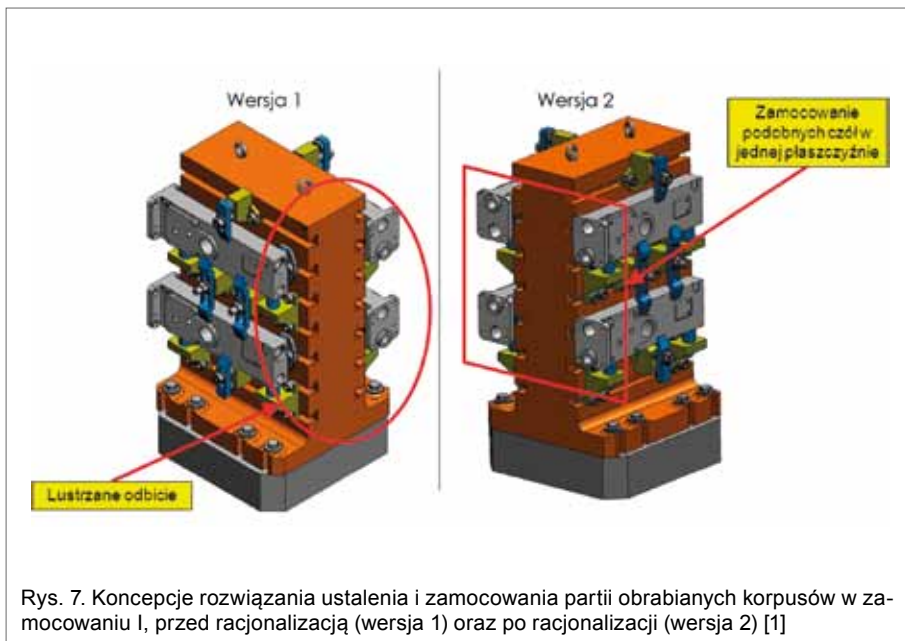
wymiany przedmiotu obrabianego za pomocą wymiennych palet.

Jako podstawowe spaletyzowane centrum obróbkowe, po dogłębnej analizie sześciu obrabiarek firmy Okuma, tj.:

- MULTUS B-300,
- MU-500VA-L,
- VTM-100 2APC,
- VMP-16,
- 2SP-150H,
- MA – 400HA,

wybrano centrum (stację obróbkową) Okuma 400 HA (rys. 4) [1].

Schematyczna budowa tej stacji obróbkowej ze standardowym systemem dwupaletowym wraz ze zmieniaczem palet przedstawiona jest na rys. 5. Istnieje możliwość rozbudowy tego systemu do modułów 6-, 10- czy 12-paletowych. Takie wielopaletowe stanowisko obróbkowe wykorzystywane jest do wytwarzania elementów maszyn, które wymagają



Rys. 7. Koncepty rozwiązania ustalenia i zamocowania partii obrabianych korpusów w zamocowaniu I, przed racjonalizacją (wersja 1) oraz po racjonalizacji (wersja 2) [1]

zastosowania wielu pozycji, w celu ich kompletnej obróbki. Można również zastosować te rozwiązania do realizacji na jednym spaletyzowanym centrum frezarskim, np. obróbki różnych części maszyn w tym samym cyklu produkcyjnym. Przykład budowy centrum frezarskiego wielopaletowego firmy Okuma przedstawiono na rys. 6.

Zakres pracy technologa podczas definiowania każdego nowego procesu technologicznego, a w szczególności podczas tworzenia procesu dla produkcji średnio- czy wielkoseryjnej, obejmuje szereg ważnych czynności, między innymi:

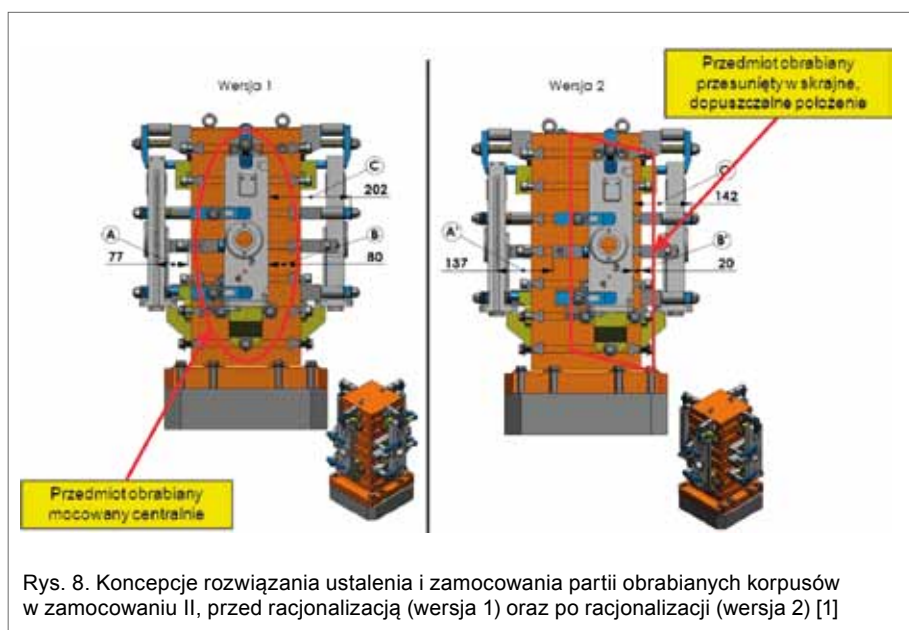
- analizę technologiczności konstrukcji;
- opracowanie ramowego i szczegółowego procesu technologicznego dla frezarskiego spaletyzowanego centrum obróbkowego;
- opracowanie programu sterującego na centrum frezarskie;
- opracowanie harmonogramu czasów obróbki – racjonalizację procesu technologicznego w aspekcie zapewnienia jak najkrótszych czasów obróbki;
- przygotowanie dokumentacji technologicznej.

Szczególne uwagę należy poświęcić procesowi racjonalizacji czasów obróbki. Ramowy proces technologiczny analizowanego korpusu do hydraulicznego układu napędowego wiertarki ma następujący przebieg [1]:

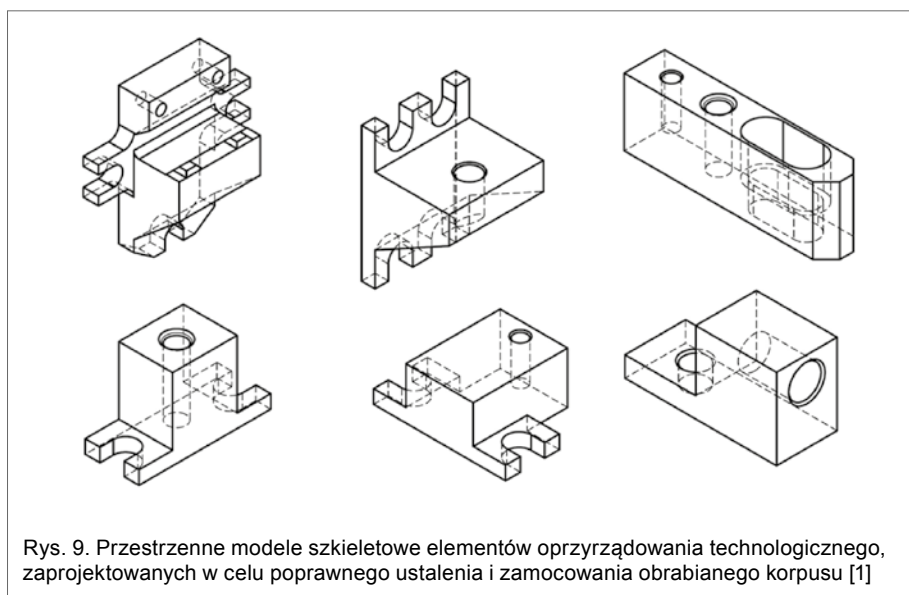
- trasowanie;
- obróbka zgrubna i kształtująca powierzchni stanowiącej pomocniczą bazę obróbkową;

- obróbka zgrubna i kształtująca powierzchni stanowiącej zasadniczą bazę obróbkową;
- obróbka wykańczająca powierzchni stanowiącej zasadniczą bazę obróbkową;
- wytaczanie głównych otworów z ustaleniem korpusu na obrobionej bazie obróbkowej;
- obróbka powierzchni i nadlewów drugorzędnych;
- wiercenie i gwintowanie małych otworów;
- kontrola jakości.

Dwie wymienne palety centrum uzbrojono w komercyjne uchwyty mocujące o budowie blokowej, dwu- oraz czterostronne. Pierwsza paleta ma zamocowany uchwyt dwustronny, na którym ustala się i mocuje cztery obrabiane korpusy. Przykład tego rozwiązania z opisem przedstawiono na rys. 7. W trakcie racjonalizacji tego zabiegu zauważono, że poprzez zamocowanie tych samych obrabianych części w jednej płaszczyźnie (rys. 7 – wersja 2) można uzyskać redukcję czasu obróbki o ok. 3%. Związane jest to z wyeliminowaniem konieczności obrotu palety w celu obróbki dwóch pozostałych części korpusu przy ich lustrzanym zamocowaniu (rys. 7 – wersja 1). Kompletna obróbka w tym zamocowaniu będzie wymagała jedynie jednokrotnego obrócenia uchwyty blokowego o 180°, a nie dwukrotnego, jakby to miało miejsce dla zamocowania w wersji 1. Innym rozwiązaniem byłyby oczywiście dwukrotna wymiana kompletu wykorzystywanych



Rys. 8. Koncepcje rozwiązania ustalenia i zamocowania partii obrabianych korpusów w zamocowaniu II, przed racjonalizacją (wersja 1) oraz po racjonalizacji (wersja 2) [1]



Rys. 9. Przestrzenne modele szkieletowe elementów oprzyrządowania technologicznego, zaprojektowanych w celu poprawnego ustalenia i zamocowania obrabianego korpusu [1]

podczas tego procesu narzędzi. Ta propozycja została jednak odrzucona już na wstępnym etapie racjonalizacji, jako rozwiązanie niezadające egzaminu.

Dalsze zabiegi obróbkowe prowadzone są po ustaleniu korpusów w drugim zamocowaniu na palecie wyposażonej w uchwyt czterostronny, co przedstawiono na rys. 8.

Poprzez przesunięcie przedmiotu obrabianego w skrajne dopuszczalne położenie (rys. 8 – wersja 2) możliwe stało się zastosowanie narzędzi (wierteł) o zmniejszonym wysięgu. Taka optymalizacja długości narzędzia skutkuje wzrostem jego trwałości, jak również wzrostem dokładności wykonania otworu. Dodatkowo podczas programowania toru ruchu tych narzędzi można było skrócić

czas dojazdu do pozycji roboczych (krótsza droga), co również przyczyniło się do zredukowania czasu maszynowego.

Efektywne wykorzystanie systemu paletowego obrabiarki, z paletami wyposażonymi w uchwyty mocujące o budowie blokowej, wymaga zaprojektowania odpowiednich elementów ustalająco-mocujących. Technolog oczywiście w pierwszej kolejności kompletuje system mocowania z elementów uniwersalnych, komercyjnych. Jedynie konieczne wyposażenie specjalne, którego konstrukcja uwarunkowana jest kształtem mocowanego przedmiotu obrabianego, zostaje zaprojektowane i wykonane w jednostkowych ilościach. Na rys. 9 przedstawiono przykłady takich elementów zaprojektowanych w celu poprawnego usta-

lenia i zamocowania analizowanego korpusu.

Szeroko prowadzona analiza tego procesu technologicznego pozwoliła na sformułowanie szeregu uwag racjonalizatorskich, czego efektem było uzyskanie:

- unifikacji narzędzi w obrębie systemu wytwórczego poprzez zastosowanie narzędzi jednego producenta;
- przyspieszenie procesu produkcyjnego poprzez zastosowanie obróbki partii czterech sztuk przedmiotów;
- minimalizacji czasu nieproduktywnej pracy obrabiarki poprzez:
  - skrócenie torów ruchów pozycjonowania narzędzi,
  - zmniejszenie ilości koniecznych zmian narzędzi w ramach operacji,
  - wyeliminowanie dodatkowych ruchów roboczych systemu paletowego (obroty palet o 90° oraz 180°),
  - przyspieszenie procesu za- i odmocowania przedmiotów obrabianych poprzez wykorzystanie specjalnie zaprojektowanych elementów ustalająco-mocujących,
  - zapewnienie odpowiedniej dokładności wymiarowo-kształtowej oraz wzrost trwałości narzędzi poprzez skrócenie ich wysięgu.

Efektem tych prac była redukcja czasu obróbki pojedynczego korpusu o 63 s, gdzie kompletny czas obróbki jednego korpusu wyniósł 19,74 min, czyli 1184,4 s. Przy produkcji seryjnej 10000 sztuk rocznie daje to oszczędność czasu sięgającą 10 500 min (175 godzin), czyli prawie 22 dni robocze. Jest to znaczące przyspieszenie procesu produkcyjnego, skutkujące wymiernymi korzyściami ekonomicznymi.

#### 4. Podsumowanie

Racjonalizacja procesu produkcyjnego w celu uzyskania wymiernych efektów ekonomicznych jest ze wszech miar uzasadniona. Stwierdzono, że:

- można uzyskać znaczący wzrost produktywności, optymalizując, w aspekcie założonych kryteriów, podstawowe parametry i środki produkcji procesu technologicznego;
- sam proces projektowania ustalenia i zamocowania przedmiotu (partii przedmiotów) należy prowadzić wielokierunkowo.

Receptą na produktywnie wytwarzanie części maszyn nie zawsze jest, jak by się wydawało, projektowanie procesu technologicznego ze wspomaganiami

komputerowym. Klasykne podejście do tego zagadnienia, z dokładnym, metodycznym i skrupulatnym analizowaniem kolejnych zabiegów, operacji, a nawet czynności technologicznych ma nadal racjonalne uzasadnienie. To podejście zaowocowało, w przedstawionej publikacji, uzyskaniem znaczących oszczędności w czasach obróbkowych analizowanego przedmiotu, co właściwie w każdym przedsiębiorstwie jest jednym z głównych argumentów do wdrożenia takiego rozwiązania w praktyce.

Podsumowując, można stwierdzić, że racjonalne tworzenie i zarządzanie procesem technologicznym czy produkcyjnym wymaga dużej elastyczności i kompetencji inżynierów zaangażowanych w jego opracowywanie, wdrażanie i modernizację. Zasadniczo nie ma czegoś takiego jak „idealny proces technologiczny”. Za dużo jest czynników deterministycznych niemożliwych do przewidzenia na danym etapie projektowania. Prowadzona systematycznie racjonalizacja procesu jest jedyną możliwością dopasowywania technicznych warunków procesu do aktualnie występujących uwarunkowań.

## Literatura

- [1] BOREK P.: *Proces technologiczny części typu korpus na centrum obróbkowym wielopaletowym*. Praca dyplomowa inżynierska, Promotor dr inż. Piotr Niesłony, Politechnika Opolska, Opole 2009.
- [2] CHOROSZY B.: *Technologia maszyn*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [3] CICHOSZ P.: *Obróbka skrawaniem wysoka produktywność*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
- [4] FELD M.: *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn*. WNT, Warszawa 2009.
- [5] FELD M.: *Technologia budowy maszyn*. WNT, Warszawa 1993.

- [6] FELD M.: *Uchwyty obróbkowe*. WNT, Warszawa 2002.
- [7] KIEF H. B.: *NC/CNC Handbuch*. Carl Hanser Verlag, Muenchen 1991.
- [8] KOSMOL J.: *Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem*. WNT, Warszawa 1999.
- [9] MATUSIAK-SZARANIEC A.: *Analiza konstrukcyjna i technologiczna korpusów i urządzeń technicznych*. Vol. 27 nr 2, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2007.
- [10] OKUMA Strona polskiego przedstawiciela firmy OKUMA, producenta obrabiarek [Dostęp – październik 2011], In-

formacje o firmie. Dostępny w Internecie: <http://www.htm.net.pl/>

- [11] Projekt Polskiej Normy: „Obrabiarki do metali: Obrabiarki zautomatyzowane, elastyczne i ich systemy. Nazwy i określenia”.

dr hab. inż. Piotr Niesłony – Katedra Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska;  
e-mail: p.nieslony@po.opole.pl

artykuł recenzowany

reklama

