

KONSTRUKCYJNO-TECHNOLOGICZNE ASPEKTY STOSOWANIA UCHWYTÓW MODUŁOWYCH I SPECJALNYCH W OPERACJACH OBRÓBKOWYCH

Design and technological aspects of application of modular and special fixtures in machining operations

Adam BARYLSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono konstrukcję zaprojektowanych uchwytów modułowych i specjalnych. Wyznaczono, wariantowo, koszty uchwytów dla tych samych typów obrabianych elementów. Zastosowana analiza może być między innymi wykorzystana w procesie kształcenia inżynierskiego mechaników technologów.

Słowa kluczowe: uchwyty specjalne, uchwyty modułowe, budowa, analiza

Abstract: In the article presented construction of designed modular and special fixtures. The costs of fixtures for the same types of workpieces were determined, in various variants. This methodology can be used, among others, in the process of education of mechanical engineering technologists.

Keywords: special fixture, modular fixture, construction, analysis

Wprowadzenie

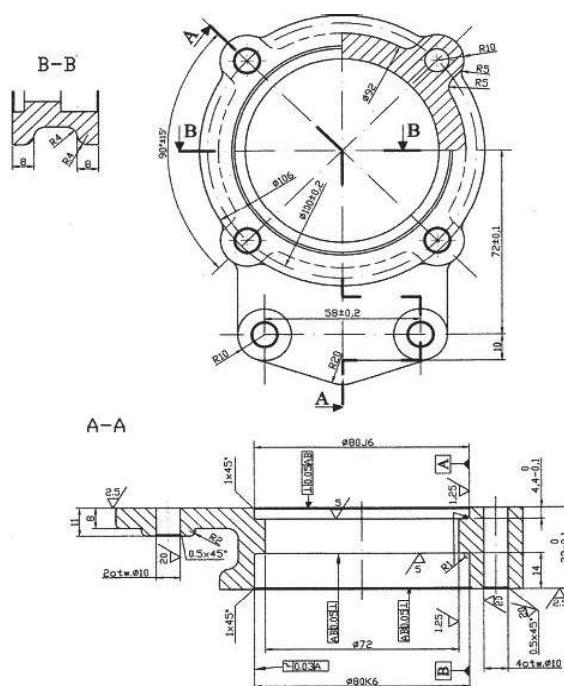
Współcześnie, w różnych gałęziach przemysłu, w wytwarzaniu elementów konstrukcyjnych, stosowane jest często przedmiotowe oprzyrządowanie składane (modułowe), konfigurowane i montowane według określonych potrzeb technologicznych [1, 2, 4]. Wiele specjalistycznych firm proponuje bardzo szeroki zakres elementów modułowych [7 – 10], które pomimo względnie wysokich cen wykorzystywane są w przemyśle niezależnie od wielkości produkcji. Wybór pomiędzy zaprojektowanym oprzyrządowaniem specjalnym do określonej operacji a zakupem wytwarzanych seryjnie elementów składowych uwzględniać powinien między innymi aspekt ekonomiczny. Przy dużej seryjności wyrobów oprzyrządowanie specjalne stosowane jest częściej, szczególnie dla obrabiarek konwencjonalnych. Z uwagi na rosnący udział obrabiarek CNC (centrów obróbkowych, czy tzw. obróbki kompletnej) wykorzystanie oprzyrządowania uniwersalnego i modułowego w przemyśle permanentnie wzrasta [3, 5, 11, 12, 14].

W artykule omówiono przykłady konstrukcji oprzyrządowania przedmiotowego, ze szczególnym uwzględnieniem aspektu ekonomicznego i technologicznego.

Przykład 1

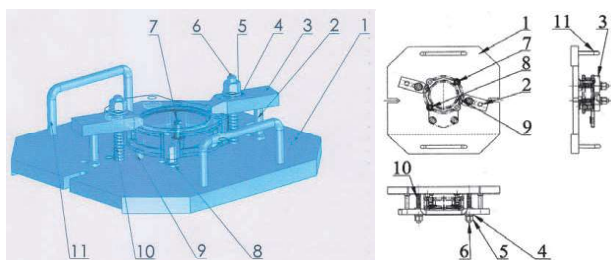
Przedmiot obrabiany (rys. 1) stanowi korpus z żeliwa szarego EN-GJL200, ze wstępnie odlanym otworem głównym (masa ok. 1,3 kg), po wyżarzaniu odprężającym.

Proces technologiczny korpusu obejmuje frezowanie powierzchni czołowych w dwóch zamocowaniach (operacja 10), wykonanie sześciu otworów o średnicy 10 mm (operacja 20) – w tym dwóch rozwierczanych na 10H7 ze względów technologicznych (jako baz do dalszej obróbki, wykorzystywanych przy konstruowaniu oprzyrządowania) oraz wytaczanie otworu środkowego (w operacji 30) [6].



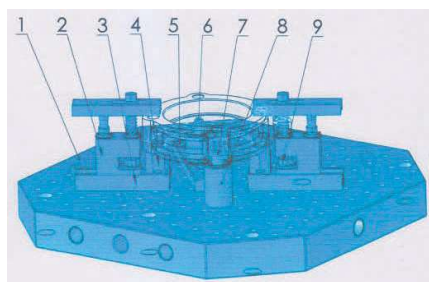
Rys. 1. Przedmiot obrabiany 1
Fig. 1. Workpiece 1

W przypadku operacji 30, konstrukcja uchwyty specjalnego I o masie ok. 14,2 kg (rys. 2) składa się z korpusu (podstawy) 1 oraz elementów ustalających i mocujących obrabiany przedmiot. Trzy kołki 9 służą do podparcia, zaś kołek pełny 7 i ścięty 8 odbierają kolejne trzy stopnie swobody. Do mocowania przedmiotu wykorzystano zespół dwóch łap przesuwanych 3, składających się z kołka oporowego 2, podkładki 4, śruby dwustronnej 6, sprężyny 10 i wysokiej nakrętki z kołnierzem 5. Do transportu uchwyty służą dwa uchwyty 11.



Rys. 2. Uchwyt specjalny I
Fig. 2. Special fixture I

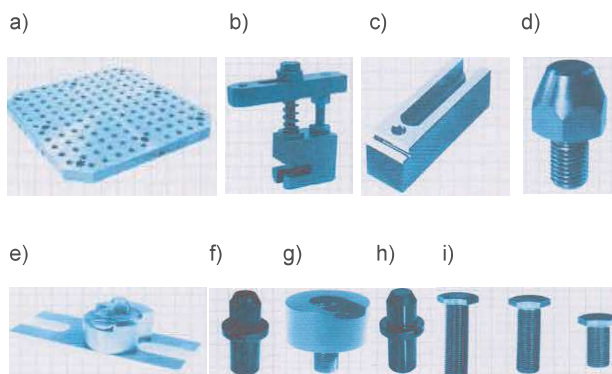
Koszty własne wykonania wszystkich elementów uchwyty specjalnego w narzędziowni firmy wynoszą 943,2 zł i obejmują łączny koszt materiału i obróbki, odpowiednio: podstawa 1 – 365 zł (frezowanie, szlifowanie), kołek oporowy łapy 2 (2 szt.) – 131,2 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), łapa dociskowa przesuwna 3 (2 szt.) – 94 zł (frezowanie, obróbka cieplna), podkładka okrągła 4 (4 szt.) – 12,8 zł (obróbka skrawaniem), wysoka nakrętka z kołnierzem 5 (2 szt.) – 82 zł (obróbka skrawaniem, obróbka cieplna), śruba dwustronna 6 (2 szt.) – 9,5 zł (obróbka skrawaniem), kołek ustalający pełny 7 – 75,35 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), kołek ustalający ścięty 8 – 95,35 zł (toczenie, frezowanie, szlifowanie, obróbka cieplna), kołek oporowy 9 (3 szt.) – 47,6 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), sprężyna 10 (2 szt.) – 25,6 zł i uchwyt 11 (2 szt.) – 5,2 zł (gięcie). Uwzględniając koszt opracowania dokumentacji (10 godz.) na poziomie 2000 zł oraz montażu (4 godz.) jako 400 zł., otrzymujemy całkowity koszt uchwyty w wysokości 3343,2 zł. Przy 5. letnim okresie amortyzacji oraz przy rocznej serii tysiąca wytwarzanych elementów, udział kosztu uchwyty specjalnego przypadający na jeden obrabiany korpus wynosi 0,66 zł.



Rys. 3. Uchwyt modułowy II
Fig. 3. Modular fixture II

W przypadku wersji uchwyty modułowego (rys. 3), dla tej samej operacji oraz podobnej koncepcji ustalenia i zamocowania przedmiotu, koszt zakupionych elementów składowych wynosi łącznie 10 994 zł.

W skład uchwyty modułowego II (o masie ok. 40 kg) wchodzi: płyta bazowa 1 (nr CL-MF25-0800, 9190 zł) – rys. 4a, łapa dociskowa 2 (CL-MF25-2001, 2 szt., 320 zł) – rys. 4b, podstawa łapy 3 (CL-MF-40-3300, 2 szt., 770 zł) – rys. 4c, kołek oporowy wkręcany 4 (CL-MF25-4807, 2 szt., 70 zł) – rys. 4d, przesuwny korpus kołka ustalającego 5 (CL-MF40-4201, 312 zł) – rys. 4e, kołek ustalający ścięty 6 (CL-8-DLT-.3927, 28 zł) – rys. 4f, wkręcany w podstawę korpus kołka ustalającego 8 (CL-MF25-4103, 188 zł) – rys. 4g, kołek ustalający pełny 7 (CL-8-RLT-.3927, 23,80 zł) – rys. 4h oraz śruby łączące 9 o różnej długości (CL-MF25-4313, 4 szt., 22 zł) – rys. 4i. Przy założonym koszcie montażu uchwyty modułowego (200 zł) i opracowania jego konfiguracji (400 zł), koszt łączny uchwyty będzie równy 11594 zł. Przy założeniu identycznego okresu amortyzacji (5 lat) i wielkości produkcji, udział kosztów uchwyty modułowego przypadającego na jeden obrabiany element (seria to 1000 szt.) wyniesie 1,16 zł. Jest on prawie dwukrotnie wyższy niż w przypadku uchwyty specjalnego. Należy jednak uwzględnić, co oczywiste, możliwość wielokrotnego użytkowania zarówno kosztownej podstawy bazowej uchwyty modułowego, jak i pozostałych jego elementów składowych (w innych konfiguracjach konstrukcyjnych), a także koszty magazynowania i konserwacji.



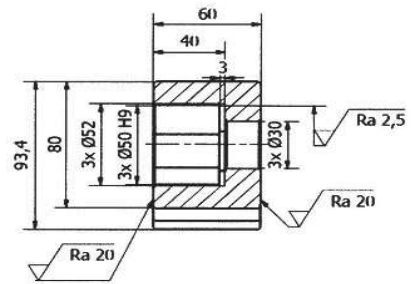
Rys. 4. Elementy uchwyty II
Fig. 4. Parts of modular fixture II

Przykład 2

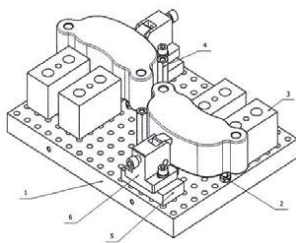
Przedmiot obrabiany (rys. 5) jest korpusem z żeliwa EN-GJL200. Technologia obróbki obejmuje frezowanie powierzchni czołowych (operacja 10), wykonanie dwóch otworów o średnicy 16H8 (operacja 20), a także trzech otworów o średnicy 30 mm i wytaczanie na 50H9 oraz wykonanie podcięć o szerokości 3 i średnicy 52 mm (operacja 30) [13].



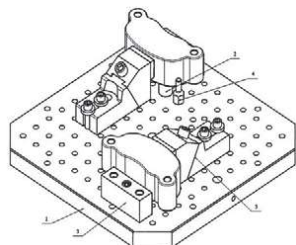
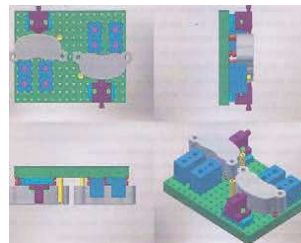
Rys. 5. Przedmiot obrabiany 2
Fig. 5. Workpiece 2



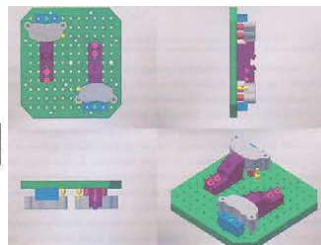
W procesie technologicznym zastosowano uchwyty modułowe dla operacji 10 i 20 (uchwyty o konstrukcji Ax i Ay) i operacji 30 (uchwyty Bx i By). Analizowano konfigurację tych uchwytów, wykorzystując elementy wytwarzane seryjnie, odpowiednio przez firmę X i Y. Na rys. 6 i 7 przedstawiono dwie koncepcje uchwytów dla operacji 10 i 20.



Rys. 6. Uchwyt modułowy Ax
Fig. 6. Modular fixture Ax

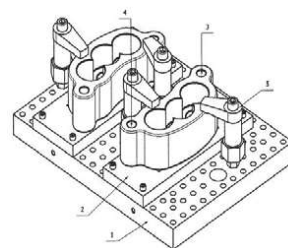


Rys. 7. Uchwyt modułowy Ay
Fig. 7. Modular fixture Ay

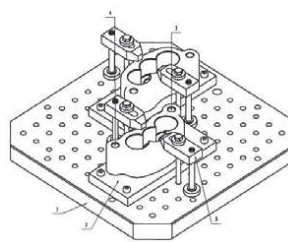
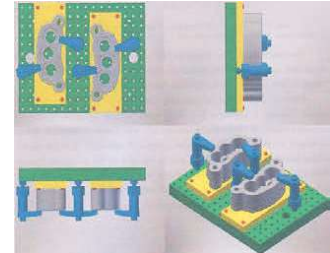


W rozwiązaniu Ax (rys. 6) zastosowano otworową płytę bazową 1. Przedmiot obrabiany ustalony jest na trzech regulowanych kołkach 2, opary o dwie belki podporowe 3 i kołek 4 oraz dociśnięty elementem 6. Element mocujący 6 przedmiot osadzony jest na płytce podporowej 5. Takie rozwiązanie uchwytu umożliwia jednocześnie frezowanie dwóch przedmiotów. Wykorzystując elementy modułowe firmy Y zestawiono uchwyt Ay (do tych samych operacji) - rys. 7. Przedmioty obrabiane ustalone są na trzech kołkach podporowych (nieregulowanych) 2 oraz oparte o belkę 3 i kołek 4. Mocowanie obrabianego korpusu odbywa się dociskami bocznymi 5, zamocowanymi do płyty bazowej 1.

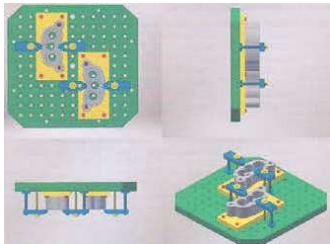
Dla operacji 30 zaprojektowano uchwyty modułowe Bx (rys. 8) i By (rys. 9), wykorzystując również elementy firmy X i Y.



Rys. 8. Uchwyt modułowy Bx
Fig. 8. Modular fixture Bx



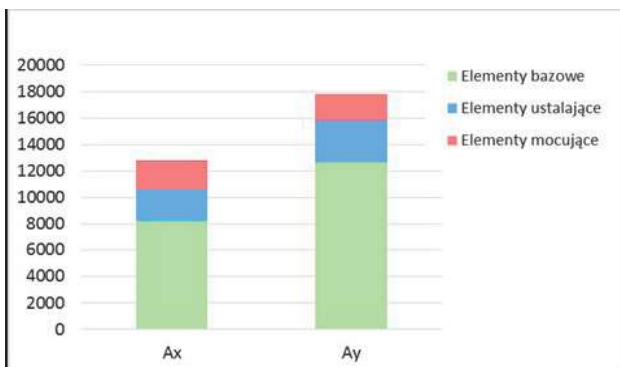
Rys. 9. Uchwyt modułowy By
Fig. 9. Modular fixture By



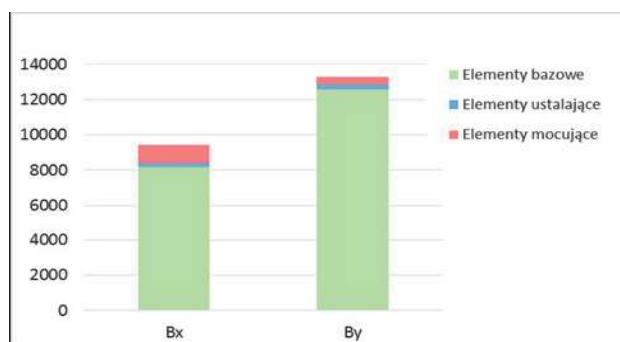
W uchwycie Bx (rys. 8) zastosowano prostokątną płytę bazową (z otworami - jak w uchwycie Ax). Przedmiot obrabiany ustalony jest na kołku ściętym 3 i kołku pełnym 4, umieszczonych w specjalnie zaprojektowanej płycie podporowej 2 z wycięciem (z uwagi na nie pokrywanie się otworów ustalających w obrabianym przedmiocie z otworami w płycie bazowej 1). Umożliwiło to również w tej operacji wiercenie trzech otworów przelotowych o średnicy 30 mm.

W przypadku uchwytu By (rys. 9) zastosowano również otworową płytę bazową 1, dwa znormalizowane kołki ustalające w otworach 3 i 4 (firma Y, wytwarzająca elementy modułowe, nie posiada w ofercie kołków o wymaganej tu średnicy) oraz specjalną płytę podporową 2 z wycięciem na wybieg narzędzi i cztery łapy mocujące 5 (dla dwóch obrabianych przedmiotów).

Na rys. 10 i 11 przedstawiono całkowite koszty zaproponowanych uchwytów modułowych, z wyodrębnieniem elementów mocujących, ustalających i bazowych.



Rys. 10. Koszty uchwytów modułowych Ax i Ay
Fig. 10. Costs of modular fixtures Ax and Ay



Rys. 11. Koszty uchwytów modułowych Bx i By
Fig. 11. Costs of modular fixtures Bx and By

Najdroższym elementem zastosowanych wariantów Ax i Ay jest płyta bazowa, której koszt stanowi ok. 60-70%, zaś docisk boczny 6 – 9%, płyta podporowa 4 – 5%, a w przypadku kołków jest to ok. 1% całkowitego kosztu uchwytu. Uchwyt Ax złożony jest z mniejszej liczby części, lecz z uwagi na wyższy koszt płyty bazowej w rozwiązaniu Ay (o ponad 50% w stosunku do zastosowanej w uchwycie Ax), konstrukcja Ay jest o ok. 40% droższa. Podobne różnice występują w przypadku uchwytów Bx i By, przy mniejszym udziale kosztów elementów mocujących obrabiane przedmioty. Jak wynika z przytoczonej analizy, pomimo podobnej konfiguracji uchwytów modułowych, łączne różnice w kosztach wyniosły ok. 9 tys. zł., co sugeruje zasadność prowadzonych analiz przy wyborze dostawcy elementów modułowych.

Uwagi ogólne

Zestawy, produkowane obecnie przez wyspecjalizowane firmy, elementów modułowych, oprócz płyt i kolumn bazowych – dwu i czterostronnych (rowkowanych lub z równomiernie rozmieszczoną siatką otworów), wchodzi: kołki, podstawy stałe i nastawne, czopy walcowe, płytki pośrednie, przyzmy, elementy ustalające o pochylonych powierzchniach

roboczych, łąpy dociskowe, zamocowania dźwigniowe (dla uchwytów nieobrotowych), tulejki zaciskowe i wiele innych elementów uniwersalnych.

Do głównych zalet uchwytów modułowych należą: szybkość montażu i demontażu, duża trwałość części składowych i, co oczywiste, możliwość ich wielokrotnego użycia, niezależnie od wielkości obrabianej serii przedmiotów. Z uwagi na względnie wysokie koszty takiego oprzyrządowania, jego wykorzystanie powinno uwzględniać możliwie szerokie spektrum wytwarzanych części w firmie, właściwą organizację magazynu oraz warunki przechowywania i konserwacji.

LITERATURA

- [1] Barylski A. 2017. "Analiza konstrukcji uchwytów obróbkowych w aspekcie montażu". *Technologia i Automatykacja Montażu* 4: 37–41.
- [2] Barylski A. 2018. "Analiza porównawcza stosowania przedmiotowych uchwytów modułowych i specjalnych". *Technologia i Automatykacja Montażu* 2: 21–26.
- [3] Bi Z.M., W.J. Zhang. 2001. "Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions". *International Journal of Production Research* 13: 2867–2894.
- [4] Feld M. 2002. "Uchwyty obróbkowe". Warszawa: WNT.
- [5] Gaoliang P., W. Gongdong, L. Wenjian, Y. Haiquan. 2010. "A desktop virtual reality-based interactive modular fixture configuration". *Computer-Aided Design* 42: 432–444.
- [6] Kula P. 2010. „Analiza porównawcza kosztów uchwytów przedmiotowych modułowych i specjalnych”. Prowadz. pracę A. Barylski.
- [7] Materiały informacyjne firmy Kipp Modular FFS.
- [8] Materiały informacyjne firmy AMf.
- [9] Materiały informacyjne firmy Carr Lane.
- [10] Materiały Informacyjne firmy Erwin Halder KG.
- [11] Nelaturi S., A. Rangarajan, Ch. Fritz, T. Kurtoglu. 2014. "Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning". *Computer-Aided Design* 46: 160-169.
- [12] Tanji S., S. Raiker, A.T. Mathew. 2017. "Computer aided fixture design - A case Based approach". 14th ICSET. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263: 1-9.
- [13] Walter M. 2018. „Projekt procesu technologicznego wskazanej części wraz z konstrukcją oprzyrządowania”. Prowadz. pracę A. Barylski.
- [14] Wang N., Z. Wang, R. Mo. 2013. "An intelligent fixture design method based on smart modular fixture unit". *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 69: 2629-2649.

prof. dr hab. inż. Adam Barylski, prof. zw. PG - Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail: abarylsk@pg.edu.pl