

KONSTRUKCJA I MONTAŻ OBRÓBKOWYCH UCHWYTÓW MODUŁOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono konstrukcję i montaż zaprojektowanych uchwytów modułowych. Wyznaczono również wariantowo koszty uchwytów, dla tego samego typu obrabianego elementu.

WSTĘP

Uchwyty przedmiotowe należą do głównej grupy pomocy warsztatowych, wykorzystywanych na każdym etapie procesu technologicznego części maszynowych [4,6,7,18,19,23,24], również elementów środków transportu. Oprócz uchwytów uniwersalnych produkowanych przez specjalistyczne zakłady oraz tzw. specjalnych, każdorazowo projektowanych i następnie wykonywanych w narzędziowniach dla określonej operacji [1,3] - najczęściej w produkcji seryjnej i wielkoseryjnej, coraz częściej stosowane są konstrukcje modułowe (uchwyty składane) - montowane ze zbioru wytwarzanych przez wyspecjalizowane firmy elementów do wyboru. Składa się je za pomocą połączeń w systemie "otworowym" lub "rowkowym". Z uwagi na możliwość wielokrotnej konfiguracji dużego spektrum elementów składowych, uchwyty modułowe można zastosować w praktyce przemysłowej niezależnie od typu produkcji i rodzaju operacji (głównie w produkcji małoseryjnej i seryjnej). Zastosowanie uchwytu modułowego pozwala skrócić okres technicznego przygotowania produkcji wyrobu, zminimalizować powierzchnię magazynową oraz zapewnić ciągłość wytwarzania (także w przypadku awarii uchwytu specjalnego - zastąpienie rozwiązaniem składanym) [2,5,9-11,14,16,17,20-22].

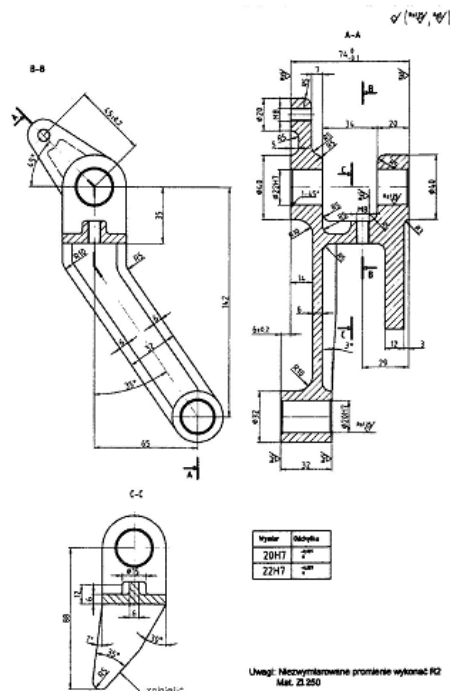
Elementy uchwytów modułowych wykonywane są najczęściej ze stali stopowych, np. chromowo-niklowej zawierającej 0,12% C, 3% Ni i 1% Cr, która to stal charakteryzuje się dobrą podatnością na kucie, równomiernym rozmieszczeniem węgla w procesie nawęglania i dobrą skrawalnością. Warstwa wierzchnia elementów ma twardość 60-64 HRC (rdzeń materiału 25-30 HRC), stąd bardzo duża trwałość i dokładność wymiarowo-kształtowa, utrzymująca się nawet przez kilkanaście lat [12]. Dokładność rozstawu rowków i otworów w elementach składowych wynosi $\pm 0,01$ mm, zaś powierzchnie ustalające wykonane są w 6 i 7 klasie dokładności. W kompletach uchwytów znajduje się tzw. podstawy, elementy ustalające i mocujące przedmioty obrabiane oraz inne części i zespoły. Przykładowo, firma AMf [15] proponuje dwie średnice otworów ($\varnothing 22F7/M16$ i $\varnothing 16F7/M12$) i związane z nimi wielkości płyt (podstaw kwadratowych i okrągłych) oraz korpusów (o budowie skrzynkowej - jednostronnej i dwustronnej lub konstrukcji blokowej - możliwość wykorzystania czterech ścian). Metodyka projektowania (konfiguracji) uchwytów modułowych obejmuje określenie głównego układu odniesienia dla obrabiarki i układu baz obróbkowych przedmiotu oraz wzajemnej ich korelacji, wybór (lub doprojektowanie) elementów ustalających i mocujących półwyroby obrabiane oraz dobór sposobu ustalenia i zamocowania uchwytu przedmiotowego na obrabiarce (palcie).

Niektóre aspekty zastosowania uchwytów modułowych w operacji technologicznej, na przykładzie obróbki dźwigni, przedstawiono poniżej.

1. KONSTRUKCJA I TECHNOLOGIA DŹWIGNI

Konstrukcję i wymagania obróbkowe analizowanej odlewanej dźwigni żeliwnej (wielkość serii 2000 szt.) przedstawiono na rys. 1. Chropowatość powierzchni czołowych ma nie przekraczać $Ra=5$ μm , tolerancja odległości powierzchni czołowych 0,1 mm (dla wymiaru 74) i 0,4 mm (dla wymiaru 6). Ponadto, do wykonania są dwa przelotowe otwory o średnicy 22H7 i jeden o średnicy 20H7 ($Ra=1,25$ μm) oraz dwa otwory przelotowe gwintowane M8 (wzajemnie do siebie prostopadle).

a)



b)



c)



Rys. 1. Konstrukcja przedmiotu obrabianego: a) rysunek wykonawczy, b) model 3D przedmiotu, c) model półfabrykatu dźwigni (w programie Inventor)

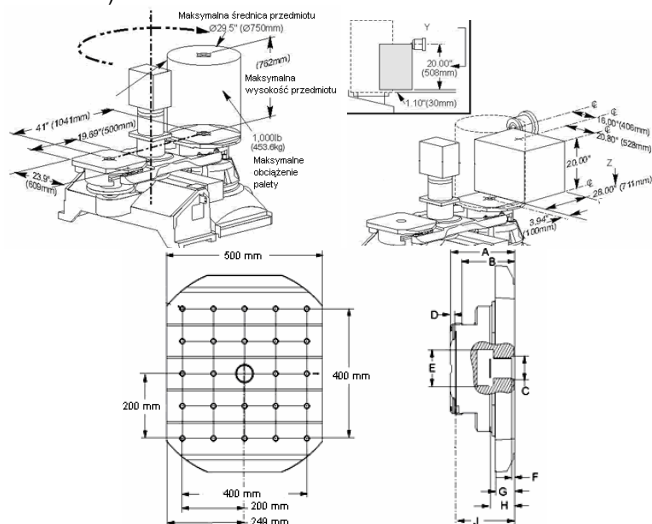
Obróbka dźwigni w trzech zamocowaniach na centrum Haas EC-500 HMC (rys. 2), wyposażonego w system dwóch palet (o wymiarach 500x500 mm) ze zmieniaczem, umożliwia zamocowanie

przedmiotów (uchwytów) o wysokości do 762 mm (maks. obciążenie palety to 454 kg), obejmuje: frezowanie powierzchni czołowych zachowując wymiary 76,5 i 34,5 mm (zamocowanie I); frezowanie powierzchni czołowych zachowując wymiary 74 i 32 mm, wiercenie otworu $\varnothing 18,5H13$, rozwiercanie wstępne $\varnothing 19,7H11$ i wykończeniowe na $\varnothing 20H7$, wiercenie otworu $\varnothing 20,5H13$, rozwiercanie wstępne na $\varnothing 21,7H11$ i wykończeniowe na średnicę 22H7, wiercenie otworu $\varnothing 6,9$ i gwintowanie M8 oraz załamanie krawędzi $1/45^\circ$ (zamocowanie II), a także załamanie krawędzi otworów ($1/45^\circ$) - pozycja pierwsza oraz wiercenie drugiego otworu $\varnothing 6,9$ i gwintowanie M8 - pozycja druga (w zamocowaniu III). Tak więc, w pierwszym zamocowaniu wykonywana jest płaska powierzchnia bazowa do dalszych zabiegów, w drugim - otwory $\varnothing 22H7$ dla uzyskania ich współosiowości, natomiast w trzecim występują dwie pozycje (obrót stołu o 90°). Czas wymiany palet wynosi 9 a narzędzia 3,8 sekund, dokładność pozycjonowania $\pm 5,1 \mu\text{m}$, zaś powtarzalność $2,5 \mu\text{m}$ [8].

a)



b)



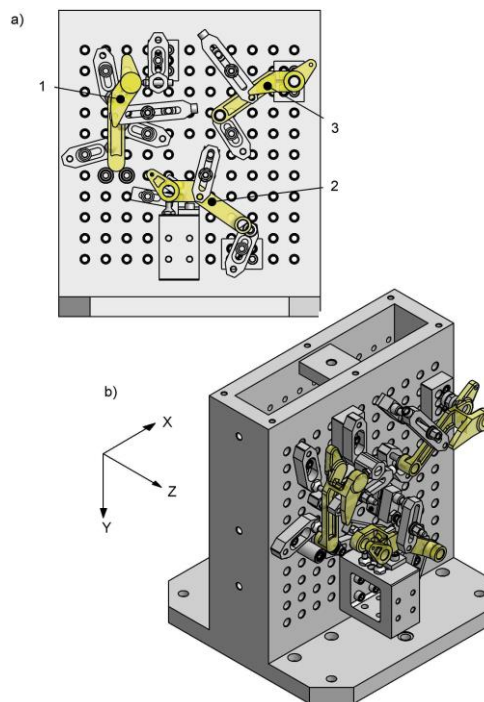
Rys. 2. Poziome centrum obróbkowe Haas EC-500 HMC: a) widok ogólny, b) system wymiany i wymiary palet [8]

2. KONSTRUKCJA I MONTAŻ UCHWYTU MODUŁOWEGO

Projektując uchwyt [13] zastosowano podstawę skrzynkową dwustronną (rys. 3), przy czym, aby wykorzystać potencjał oprzyrządowania i centrum obróbkowego, z obydwu stron zamocowane są identyczne zestawy elementów (1 - obróbka w zamocowaniu I, 2 - obróbka w zamocowaniu II, 3 - obróbka w zamocowaniu III). Poszczególne przedmioty (półwyroby) są przemocowywane jednocześnie (we właściwej kolejności). Tak więc, w jednym uchwycie obróbkowym zamocowanych jest jednocześnie sześć dźwigni (na różnym etapie obróbki). Podczas, gdy obrabiane są przedmioty na pierwszej podstawie skrzynkowej, druga jest na stanowisku załadowniczym, gdzie następuje przemocowanie elementów w następują-

cej kolejności: odmocowanie z uchwytu całkowicie obrabionej dźwigni, odmocowanie półwyrobu nr 2 (zespołu II) i zamocowanie w położeniu nr 3 (zespół III), odmocowanie elementu z miejsca nr 1 (zespołu I) i umiejscowienie w położeniu nr 2, pobranie nowego półfabrykatu i zamocowanie w zestawie nr 1, obrót podstawy o 180° oraz powtórzenie poszczególnych czynności na przeciwległej płaszczyźnie roboczej podstawy.

Otwory w podstawie skrzynkowej opisane są, rozpoczynając od lewego dolnego w kierunku poziomym, dużymi literami alfabetu A - K, zaś w kierunku pionowym cyframi 1 - 11. Ułatwia to zapis montażu poszczególnych zespołów.



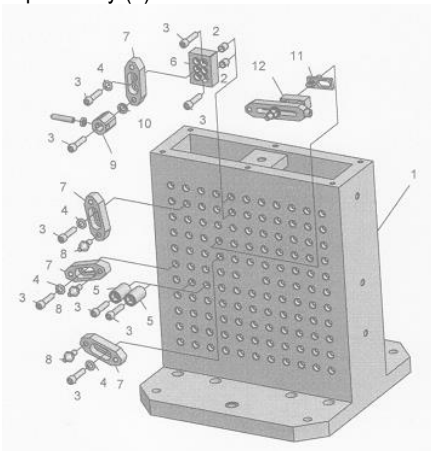
Rys. 3. Widok ogólny uchwytu modułowego (1,2,3 - poszczególne zamocowania przedmiotów)

2.1. Montaż zespołu I, II i III

Zadaniem I zespołu jest usunięcie nadmiaru z powierzchni czołowych - z jednej strony dźwigni. Wpływ na ten wymiar obróbkowy ma ustalenie przedmiotu w płaszczyźnie równoległej do powierzchni podstawy skrzynkowej (użyto trzy kołki podporowe z łbem płaskim 6363-12-080 o średnicy 10 mm [15]). Rozstaw otworów w zastosowanej podstawie wynosi 40 mm i jest zbyt duży, aby można było usadzić kołki bezpośrednio w podstawie. Także trójkąt jaki by utworzyły środki kołków jest nieodpowiedni, gdyż ustalana dźwignia jest zbyt wąska. Kołki należy w tym przypadku umieścić w elementach regulowanych, w płaszczyźnie równoległej do powierzchni podstawy. Dobrano więc trzy płytki podporowe regulowane 6363-12-037-2. Następną grupą są elementy, których zadaniem jest przejęcie sił skrawania oraz ogólnie ułatwiające zamocowanie dźwigni do obróbki. Kolejne stopie swobody można odebrać przez pryzmę lub elementy, które zapewniają taki sam kontakt z przedmiotem jak pryzma stała. Ze względu na brak wpływ tych elementów na wymiar obróbkowy, w wyborze kierowano się jedynie ceną. Koszt pryzmy to 203 €, natomiast koszt czopów walcowych 6363-12-003-3 zastępujących pryzmę wynosi 104 €. Kolejny stopień swobody odbierany jest przez element nastawny 6363-12-010. Ma on za zadanie ustalenie żebra dźwigni równoległe do osi Y. Element nastawny musi znajdować się na odpowiedniej wysokości od płaszczyzny podstawy. W tym celu dobrano płytkę podporową 6363-12-111-1, dwie tuleje centrujące 6363-12-031-20, płytkę podporową regulowaną 6363-12-037-2 oraz podkładkę dystansową 6363-12-006-2. Wszystkie ele-

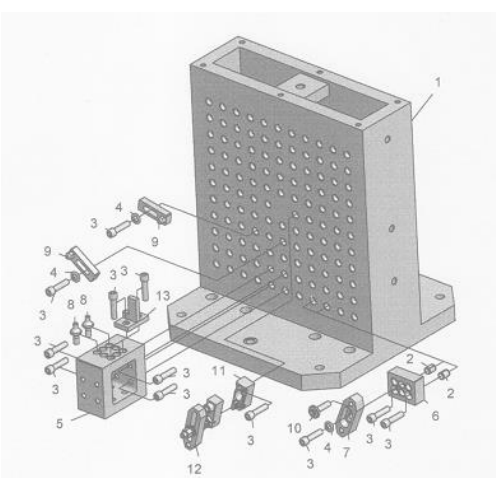
menty skręcone są śrubami DIN 912, a dodatkowo przy płytках podporowych regulowanych zastosowano podkładki DIN 125B.

Budowę i schemat montażu zestawu I pokazano na rys. 4. W tym celu dwa czopy walcowe (5) należy zamocować śrubami (3) do podstawy skrzynkowej (1) w otworach B5 i C5. Następnie ustalić w otworach E10 i E11 na dwóch tulejach centrujących (2) płytkę podporową (6) i skręcić dwoma śrubami (3). Kolejno, zamocować trzy kołki z łbem płaskim (8) w otwory płytek podporowych regulowanych (7). Następnie skręcić podpory z kołkami śrubami (3) i podkładki (4) w otwory D7, A6 i B10. Podpory należy ustawić tak, aby kołki utworzyły pod dźwignią trójkąt o jak największym polu. Element nastawny (9) i podkładkę dystansową (10) należy przykręcić śrubą (3) do płytki podporowej regulowanej. Następnie całość zamocować śrubą (3) i podkładki (4) do płytki podporowej (6). Wyregulować położenie płytki (7) i wysuniecie śruby elementu nastawnego (9) - w celu ustalenia obrabianej dźwigni w odpowiednim położeniu. Zamocować element bazowy (11) i łapę dociskową (12) w otworze D8 podstawy (1).

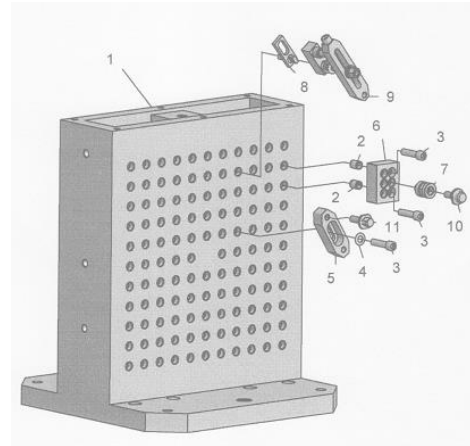


Rys. 4. Montaż zestawu I elementów uchwytu: 1 - podstawa skrzynkowa dwustronna, 2 - tuleja centrująca, 3 - śruba, 4 - podkładka, 5 - czop walcowy, 6 - płytka podporowa, 7 - płytka podporowa regulowana, 8 - kołek z łbem płaskim, 9 - element nastawny, 10 - podkładka dystansowa, 11 - element bazowy, 12 - łapa dociskowa

Na rys. 5 i 6 przedstawiono elementy wykorzystane, odpowiednio, w montażu zespołu II i III.



Rys. 5. Montaż zestawu II elementów uchwytu: 1 - podstawa skrzynkowa, 2 - tuleja centrująca, 3 - śruba, 4 - podkładka, 5 - blok, 6 - płytka podporowa, 7 - płytka podporowa regulowana, 8 - kołek z łbem płaskim, 9 - płytka podporowa z kołkiem, 10 - kołek nastawny z łbem płaskim, 11 - element bazowy, 12 - łapa dociskowa, 13 - element specjalny

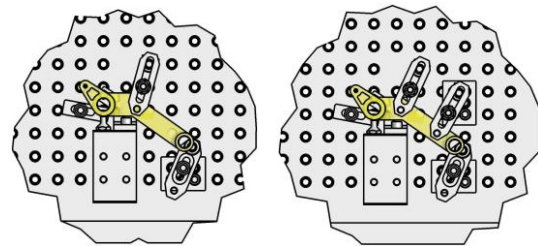


Rys. 6. Montaż zestawu III elementów uchwytu: 1 - podstawa skrzynkowa, 2 - tuleja centrująca, 3 - śruba, 4 - podkładka, 5 - płytka podporowa regulowana, 6 - płytka podporowa, 7 - podpora centrująca, 8 - element bazowy, 9 - łapa dociskowa, 10 - kołek pełny, 11 - kołek ścięty

W przypadku wystąpienia drgań obrabianego przedmiotu można zastosować dodatkową łapę dociskową (rys. 7b).

a)

b)



Rys. 7. Zamocowanie obrabianej dźwigni w zespole II: a) podstawowe, b) zastosowanie dodatkowej łapy mocującej

3. OCENA KOSZTÓW

Najdroższym elementem analizowanego uchwytu modułowego, jak w każdym przypadku, jest podstawa skrzynkowa dwustronna 6366D-500x580-11 (na dzień analizy 6090 € netto). Zespół I, zawierający 29 elementów składowych to koszt netto 814,04 €, zespół II (27 elementów) 1326,36 €, zaś zespół III (11 elementów) 382,35 €. Gdyby przyjąć rozwiązanie, iż każdy zespół montowany jest oddzielnie na podstawie skrzynkowej (po obróbce przedmiotu w pierwszym zamocowaniu następuje demontaż zespołu i budowany jest kolejny - II i następnie III), to liczba koniecznych elementów składowych wyniosłaby 38, a ich łączny koszt netto 1802,05 € (zestaw opcjonalny). W przypadku, gdy wykorzystywane są na centrum obróbkowym dwie podstawy dwustronne o budowie skrzynkowej, czyli w sumie dwanaście zestawów złożonych elementów (I, II i III oraz ich wtórniki), sumaryczny koszt tego oprzyrządowania modułowego wynosi 25834,4 € (brutto). Gdy zastosowana byłaby tylko jedna podstawa skrzynkowa i opisany powyżej zestaw opcjonalny, proces technologiczny analizowanej dźwigni składałby się z trzech operacji, a na podstawie zamocowany zostałby jedynie pojedynczy przedmiot (po zakończeniu pierwszej operacji uchwyt jest demontowany, a jego elementy służą do konfiguracji kolejnego), to koszt brutto rozwiązania wyniosłby 9154,78 €. W wariantcie, w którym zastosowano by jedną podstawę skrzynkową z jednostronnie zamocowanymi trzema zestawami elementów modułowych (I, II i III), to koszt byłby na poziomie 9990,80 € (brutto).

PODSUMOWANIE

W projektowaniu uchwytów modułowych istotne znaczenie ma rodzaj zastosowanej podstawy. Wiąże się to bezpośrednio z możliwością obróbki wielu przedmiotów jednocześnie, także w kilku zamocowaniach. Na koszt poszczególnych zespołów modułowych (danej firmy) wpływa głównie liczność elementów składowych oraz ich rodzaj i wielkość. Analizowany wariant pierwszy uchwytu okazał się najbardziej korzystny, gdyż pozwala w pełni wykorzystać zdolności wytwórcze centrum obróbkowego. Czas obróbki dwóch tysięcy dźwigni będzie w tym przypadku najkrótszy, a udział kosztu oprzyrządowania to ok. 50,5 PLN na przedmiot. W przypadku kolejnych analizowanych wersji, analogiczne koszty uchwytu modułowego maleją (odpowiednio ok. 17,5 i 19,5 PLN na przedmiot), jednak znacząco większa się czas przebrożeń stanowiska, a tym samym zmniejsza się stopień wykorzystania obrabiarki i wydłuża czas obróbki serii przedmiotów. Decydując się na zakup odpowiedniego zestawu elementów modułowych, łącznie z uniwersalną podstawą, należy mieć też na uwadze możliwości ich wielokrotnego użycia (różnej konfiguracji) w procesach obróbkowych różnorodnych, najczęściej zbliżonych gabarytowo, elementów konstrukcyjnych wytwarzanych w firmie.

BIBLIOGRAFIA

1. Barylski A., *Analiza jakości konstrukcji uchwytów*. Zarządzanie i Finanse 2012, nr 3, cz. 2.
2. Barylski A., *Analiza konstrukcji i montażu przedmiotowych uchwytów modułowych i specjalnych*. Mechanik 2016, nr 10.
3. Barylski A., *Ocena technologiczności konstrukcji uchwytów obróbkowych w aspekcie ich montażu i cech użytkowych*. Przegląd Mechaniczny 2017, nr 3.
4. Błaszowski i in., *Zasady projektowania oprzyrządowania technologicznego*. PWN, Warszawa 1981.
5. Bralla J.G., *Design for Manufacturability*. McGraw-Hill, New York 1999.
6. Dobrzański T., *Uchwyty obróbkowe. Poradnik konstruktora*. WNT, Warszawa 1987.
7. Feld M., *Uchwyty obróbkowe*. WNT, Warszawa 2002.
8. <http://www.haascnc.com>
9. <http://www.hohenstein-gmbh.de>
10. <http://www.carrlane.com>
11. Honczarenko J., *Elastyczna automatyzacja wytwarzania. Obrabiarki i systemy obróbkowe*. WNT, Warszawa 2000.
12. Jackiewicz T., *Uniwersalne przyrządy składane*. Wiadomości Warsztatowe, Warszawa 1992.
13. Józwiak P., *Konstrukcja uchwytów modułowych w operacjach obróbkowych*. Praca pod kier. Adama Barylskiego, PG, WM, KTMiAP, Gdańsk 2006.
14. Kosmol J., *Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem*. WNT, Warszawa 2000.
15. Materiały informacyjne firmy AMf.
16. Materiały informacyjne firmy Erwin Halder KG Maschinenfabrik.
17. Materiały informacyjne firmy Kipp.
18. Mermon W., Feld M., Jungst M., *Zasady konstrukcji przyrządów, uchwytów i sprawdzianów specjalnych*. WNT, Warszawa 1975.
19. Poremski J., *Przyrządy obróbkowe. Podstawy teoretyczne i zasady projektowania*. PWN, Warszawa 1982.
20. Poznański J., *Uchwyty przedmiotowe w elastycznych systemach obróbkowych*. Mechanik 1987, nr 8.
21. Poznański J., Szejnach W., *Uchwyty przedmiotowe do obróbki części obrotowych i korpusów w elastycznych systemach produkcyjnych*. Mechanik 1992, nr 11.
22. Poznański J., *Uchwyty obróbkowe do elastycznych obrabiarek zespołowych i elastycznych systemów produkcyjnych*. Mechanik 1995, nr 7.
23. Samek A., *Projektowanie oprzyrządowania technologicznego*. PWN, Warszawa - Kraków, 1976.
24. Żurawski Z., Stós J. Dąbrowski A., *Użytkowanie uniwersalnych uchwytów obróbkowych*. WNT, Warszawa 1974.

STRUCTURE AND THE ASSEMBLY OF MODULAR HANDLES

Abstract

The article presents of construction and the assembly of designed modular handles. The work appoints too, in variant mode, costs of handles of the elements for the same type subjected to machining.

Autor:

prof. dr hab. inż. **Adam Barylski**, prof. zw. PG – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, e-mail: abarylsk@pg.edu.pl