

# ANALIZA PORÓWNAWCZA STOSOWANIA PRZEDMIOTOWYCH UCHWYTÓW MODUŁOWYCH I SPECJALNYCH

## Comparative analysis of the application of the modular and special object handles

Adam BARYLSKI

**S t r e s z c z e n i e:** W artykule dokonano próby ilościowej oceny technologiczności konstrukcji metodą wskaźnikową zaprojektowanych uchwytów specjalnych i modułowych. Analizowano uchwyty dla wybranych operacji obróbki dźwigni i korpusu jednolitego. Zastosowana metodyka może być stosowana m.in. w procesie kształcenia inżynierskiego mechaników technologów.

**S ł o w a k l u c z o w e:** uchwyt specjalny, uchwyt modułowy, konstrukcja, analiza

**A b s t r a c t:** In the article, an attempt was made to quantify the technological structure performance of designed special and modular handles, using the indicator method. Handles for selected operations of lever machining and uniform body were analyzed. The applied methodology can be used, inter alia, in the process of engineering education of technologists mechanics.

**K e y w o r d s:** special handle, modular handle, design, assessment

### Wprowadzenie

Wchodzące w skład pomocy warsztatowych uchwyty przedmiotowe są szeroko stosowane w operacjach obróbkowych, montażowych i kontrolnych, a także w transporcie międzystanowiskowym. Koszty projektowania i wykonania oprzyrządowania obróbkowego mogą wynosić od 10 do 20% ogólnych kosztów systemów wytwarzania wyrobu [5]. O ile w produkcji wielkoseryjnej pewną przewagę miało dotąd oprzyrządowanie specjalne, projektowane i wykonywane każdorazowo do konkretnego obrabianego przedmiotu i operacji, to w przypadku wytwarzania mniej licznych serii wyrobów wykorzystywane są bardzo często uchwyty składane, budowane w oparciu o istniejące zestawy elementów uniwersalnych – produkowanych przez wyspecjalizowane firmy [13-25]. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania w praktyce na elastyczne wytwarzanie komponentów wykorzystanie oprzyrządowania modułowego znacząco wzrosło [4, 7, 9, 10]. Bardzo pomocne jest tu wykorzystanie wspomaganego komputerowo projektowania i wytwarzania elementów modułowych, jak również analiza ogólna systemu obróbkowego [6, 12, 26-28]. Obecnie na rynku dostępne są obszerne zestawy elementów, z których w zależności od potrzeb konfigurowane są indywidualne uchwyty obróbkowe. Ich konkurencyjność w stosunku do oprzyrządowania specjalnego wzrasta, często niezależnie od wielkości produkcji wyrobów. Problem wyboru rodzaju oprzyrządowania ma też istotny aspekt dydaktyczny w procesie kształcenia technologów [1-3].

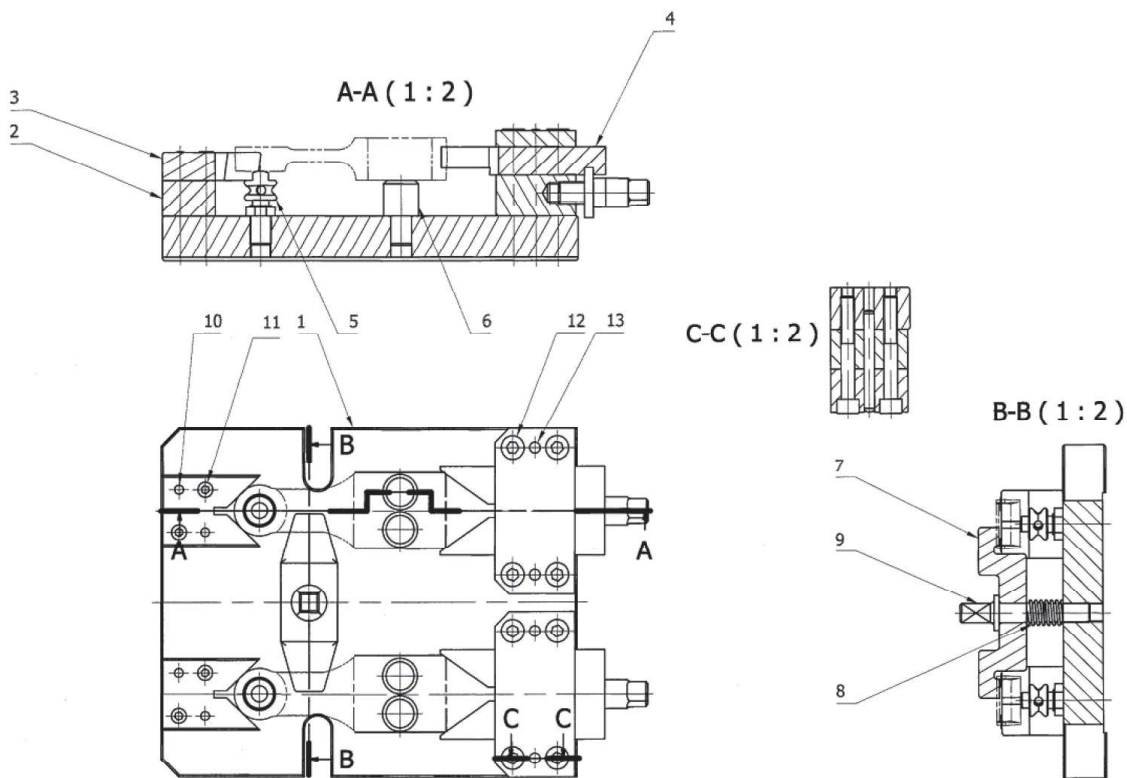
Porównanie konstrukcji uchwytów specjalnych i modułowych dla wybranych operacji obróbkowych było podstawowym celem pracy. Przy konfigurowaniu oprzyrządowania składanego wykorzystano elementy produkowane przez firmę Erwin Halder KG [16] oraz AMf [14].

### Konstrukcja uchwytów i ich ocena

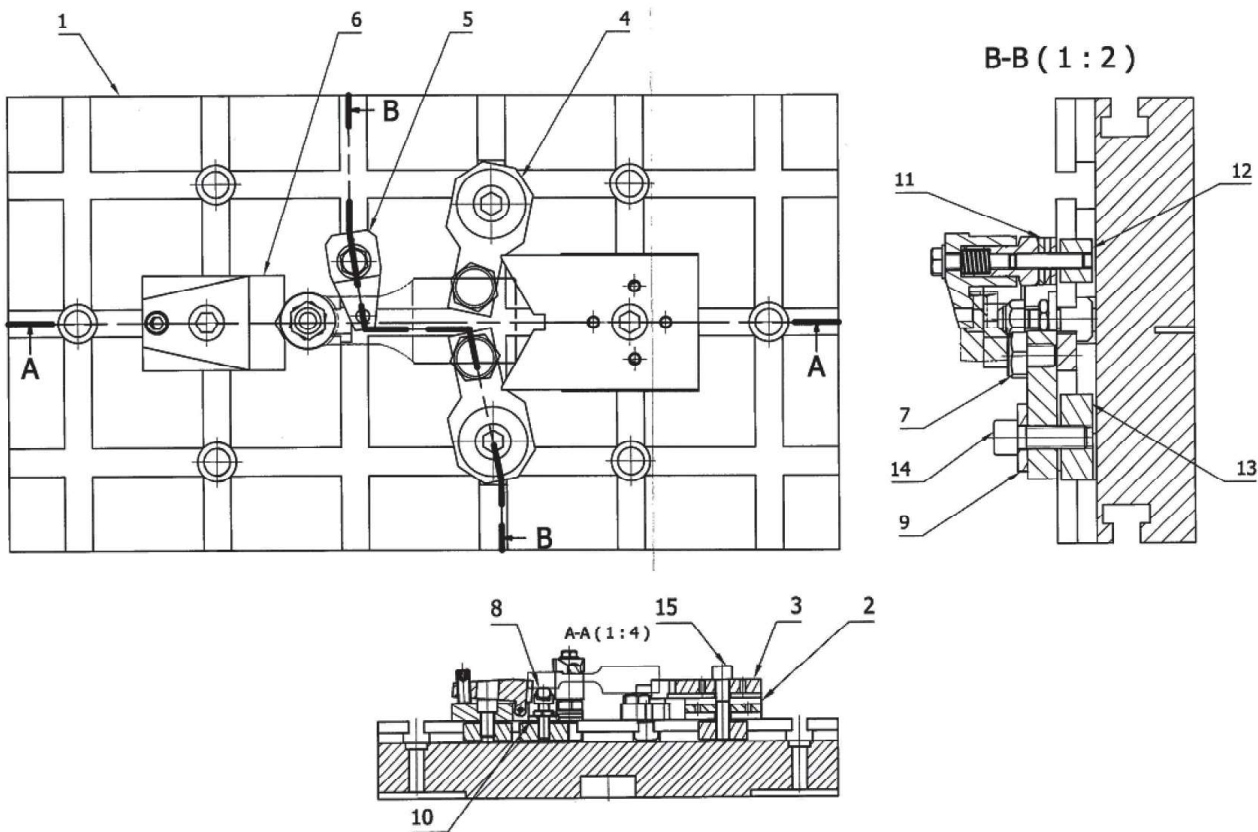
#### Przykład mocowania dźwigni

Zaprojektowane uchwyty przedmiotowe dotyczą operacji frezarskich odlewanej dźwigni z żeliwa GJL-200 [11] i obejmują obróbkę powierzchni czołowych (rys. 1 i 2) oraz frezowanie wcięcia o szerokości 20 mm (rys. 3 i 4). Uchwyt 1a (rys. 1) umożliwi frezowanie dwóch przedmiotów jednocześnie – w dwóch zamocowaniach. Przedmiot obrabiany ustalony jest na dwóch kołkach z łbem płaskim 6, kołku nastawnym 5 (osadzonym w korpusie 1 uchwytu) oraz oparty o pryzmę 3 (ustaloną kołkami 10 i zamocowaną śrubami 11 do podstawy 2 i korpusu 1). Mocowanie (wstępne) dźwigi odbywa się pryzmą 4 (przesuwaną w objęciu, ustaloną kołkami 13 i zamocowaną śrubami 12 do korpusu 1) i łapą korytkową 7 za pomocą śruby 9 (sprężyna 8 podnosi łapę podczas odmocowywania przedmiotów). Dla śruby ustalacza pryzmowego 4 i łapy 7 stosowany jest przez operatora taki sam klucz.

Konstrukcja uchwytu modułowego 1b (rys. 2), dla tej samej operacji frezarskiej, zawiera rowkowaną płytę 1 (V-70) – odstęp pomiędzy sąsiadującymi rowkami teowymi wynosi 70 mm (EH1100.300). Obrabiana dźwignia oparta jest na dwóch kołkach stałych z łbem wypukłym 7 (EH22690.0001) – położonych na płycie 4 (EH1147.900) mocowanej śrubą 14 (DIN912, M12x35) przez podkładkę 9 (EH23060.0012) do nakrętki teowej 13 (EU23020.0140) oraz jednym kołku wahlwym 8 (EH22740.0016), umieszczonym na podkładce 10 (EH23060.0010). Mocowanie przedmiotu obrabianego odbywa się napinaczem 6 (EH23310.0522), dociskając do pryzmy stałej 3 (EH1148.100) – mocowaną śrubą 15 (DIN912, M12x55) położoną na płycie pośredniej 2 (EH1111.700) oraz łapą 5 (EH23310.0025)



Rys. 1. Uchwyt specjalny Ia  
Fig. 1. Special handle Ia

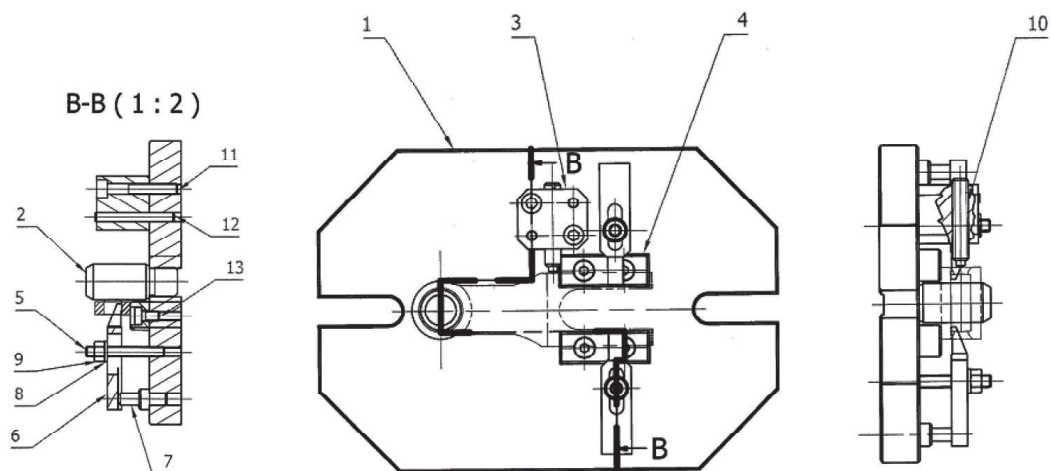


Rys. 2. Uchwyt modułowy Ib  
Fig. 2. Modular chuck Ib

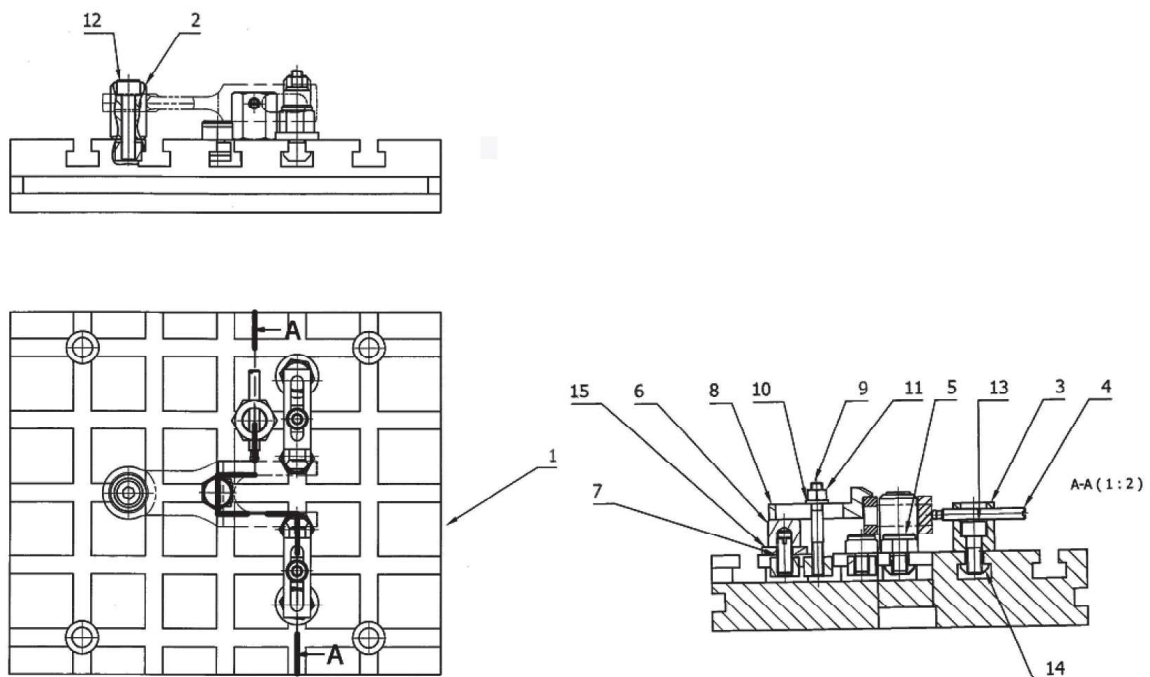
– umieszczoną na podkładce 11 (EH1007.400) i zamocowaną nakrętką 12 (EH23010.0145).

W przypadku uchwytu IIa (rys. 3) obrabiana dźwignia ustalona jest w otworze na kołku pełnym 2, dwóch płytkach oporowych 4 (zamocowanych śrubami 13 do podstawy 1) oraz bocznie regulowanym elementem 10 (wkręconym w kostkę 3, ustaloną kołkami 12 i zamocowaną śrubami 11 do podstawy uchwytu 1). Zespołami mocującymi są dwie odsuwane łapy 6 (składające się także z kołka 7, podkładki 8, nakrętki 9 i śruby dwustronnej 5). Konstrukcja uchwytu składanego IIb (rys. 4) do tej operacji (frezowania wcięcia) składa się z płyty 1 (V-40) (EH1000.400). Obrabiany przedmiot oparty jest na trzech

kołkach z łbem płaskim 5 (EH22690.0021) oraz ustalony na kołku centrującym 2 (EH2311.0510) zamocowanym śrubą 12 (DIN912, M8x35) i oparty bocznie o regulowany wkret 4 (EH22540.0062) – wkręcony w ogranicznik 3 (EH1014.500) – zamocowany do stołu 1 śrubą 13 (DIN912, M8x20) i nakrętką 14 (EH23010.0101). Podobnie jak w uchwycie IIa, mocowanie dźwigni odbywa się dwiema odsuwanymi łapami 8 (EH23160.0107), przy czym ich elementy składowe to: śruba dwustronna 9 (DIN835, M6x40), nakrętka 11 (ANSI B18.2.4.2M, M6x1), podkładka 10 (DIN125-1, A6,4), kołek płaski 6 (EH22690.0321), wkret 7 (DIN438, M8x20) i nakrętka 15 (EH23020.0100).

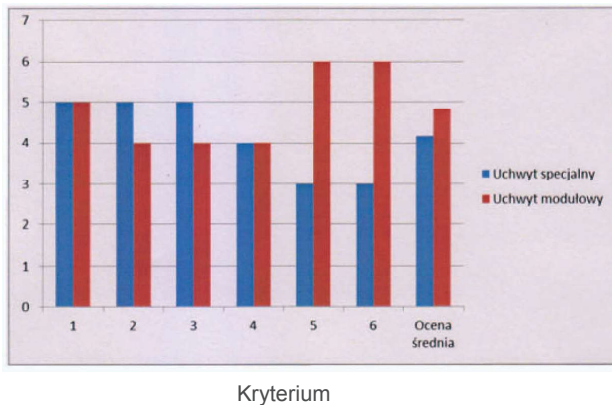


Rys. 3. Uchwyt specjalny IIa  
Fig. 3. Special handle IIa



Rys. 4. Uchwyt modułowy IIb  
Fig. 4. Modular chuck IIb

Ocena



Kryterium

Rys. 5. Ocena uchwytów Ia i Ib  
Fig. 5. Assessment of fixtures Ia and Ib

W ocenie uchwytów specjalnych i modułowych przyjęto następujące kryteria:

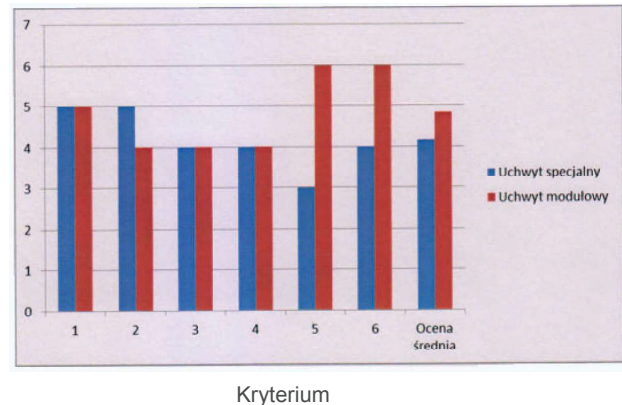
1 – ogólna złożoność konstrukcji, 2 – wymiary gabarytowe, 3 – czas mocowania obrabianych przedmiotów, 4 – łatwość obsługi uchwytu przez operatora, 5 – czas przygotowania uchwytu do użycia, 6 – uniwersalność wykorzystania.

Poszczególne kryteria oceniano w skali 6-punktowej: 6 – ocena bardzo dobra, 5 – dobra, 4 – zadowalająca, 3 – zła, 2 – bardzo zła, 1 – dyskwalifikująca [11]. Wyniki przeprowadzonej analizy podano na rys. 5 i 6. W przypadku uchwytów Ia i Ib, nie różnią się one istotnie ze względu na złożoność konstrukcji i łatwości obsługi, gdyż mają zbliżoną liczbę części składowych. W przypadku uchwytu specjalnego Ia ma on mniejsze wymiary gabarytowe, a zastosowana łapa korytkowa umożliwia zamocowanie dwóch przedmiotów jedną śrubą. Uchwyt modułowy Ib, co oczywiste, umożliwia wielokrotne użycie elementów składowych dla innych obrabianych przedmiotów i operacji. W uchwycie specjalnym IIa zastosowane rozwiązanie mocowania dźwigni jest poprawniejsze, gdyż m.in. ogranicza możliwość powstania naprężeń w obrabianym materiale. Zaletą są też mniejsze wymiary gabarytowe. Złożoność obsługi obu uchwytów (specjalnego IIa i modułowego IIb) jest bardzo zbliżona. W każdym z analizowanych przypadków nieco korzystniejsze oceny średnie uzyskały uchwyt modułowe.

#### Przykład mocowania korpusu

W tym przypadku analizowanym elementem jest kostka (korpus ze stali C45) obrabiana na centrum DMC8021 [8]. Frezowane są zewnętrzne powierzchnie płaskie oraz wykonywane otwory przelotowe i nieprzelotowe. Zaprojektowany uchwyt IIIa (rys. 7) składa się z 29 elementów. Przedmiot obrabiany ustalony jest na trzech przeszlifowanych kołkach z łbem płaskim 6 oraz oparty o dwa kołki nastawne 5 (osadzone w korpusie 3 zamocowanym śrubami przez podkładkę sprężystą

Ocena



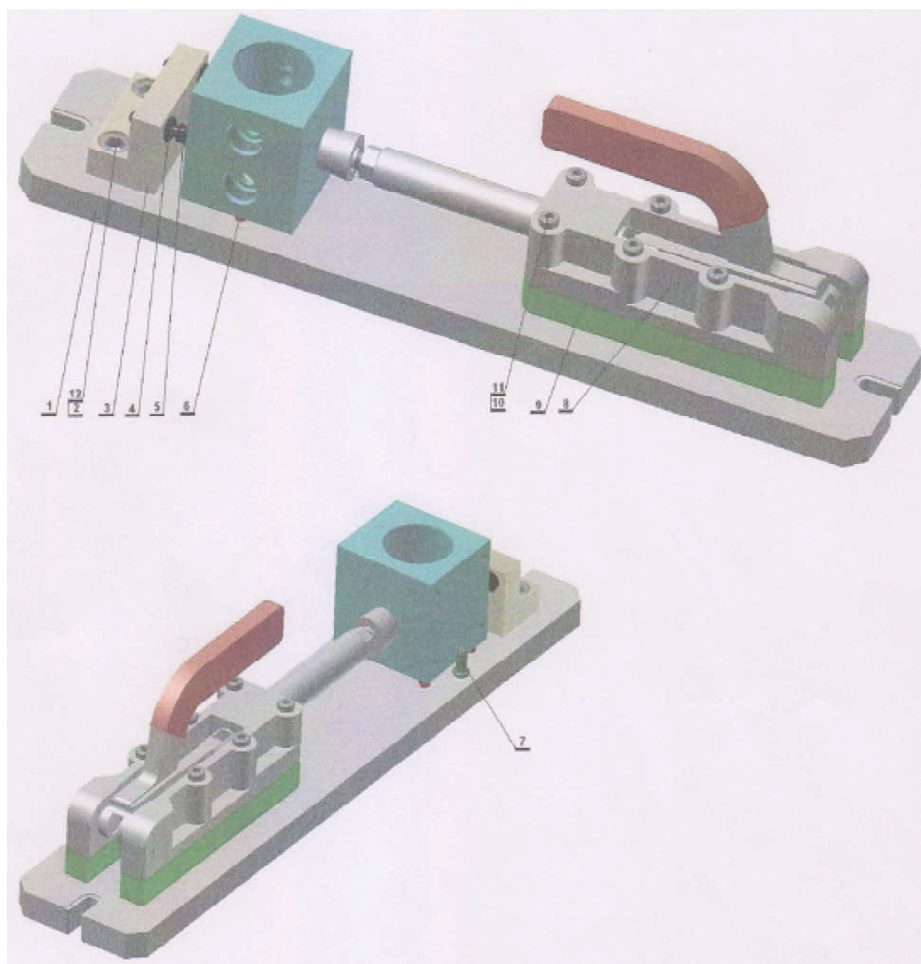
Kryterium

Rys. 6. Ocena uchwytów IIa i IIb  
Fig. 6. Assessment of fixtures IIa and IIb

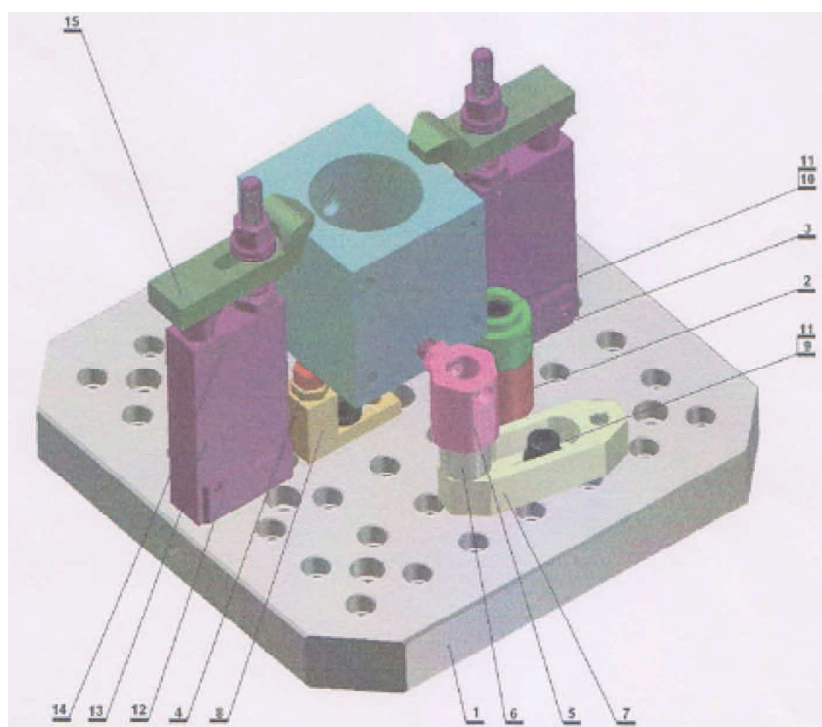
12 do płyty głównej 1 i blokowane nakrętkami 4) i kołek stały z kołnierzem 7 (o wysokości 36 mm). Mocowanie przedmiotu z siłą ok. 45 kN (na wysokości kołków nastawnych 5) odbywa się z wykorzystaniem poziomego docisku przegubowego 8 (ozn. 92601, firmy AMf) zamocowanego śrubami 10 przez podkładkę 11 do korpusu 9. Masa uchwytu, mocowanego do stołu obrabiarki śrubami M12 do rowków teowych, wynosi ok. 31 kg. Czas zamocowania (odmocowania) przedmiotu obrabianego to 0,2 min, a czas przygotowawczo-zakończeniowy operacji wynosi 12 min.

W konfiguracji uchwytu modułowego IIIb (rys. 8) dla tego samego obrabianego korpusu, wykorzystano elementy firmy AMf. Płyta podstawowa 1 o wysokości 38 mm (6361D-320x320-1) zawiera 48 otworów mocujących M12 (rozstaw osi otworów 400 mm). Przedmiot obrabiany podparty jest na dwóch tulejkach 3 (6363-12-071) umieszczonych na tulejach dystansowych 2 (6363-16-003-2) i zamocowanych śrubą 10 przez podkładkę 11 (6363-017-12) oraz wahliwym kołku nastawnym 4 (7110D1-12xM16) osadzonym w elemencie 8 (7110AS-16-1). Dodatkowo oparty jest o element bazowy 5 (6363-12-037-2) osadzony przez tuleję dystansową 6 (6363-12-046-1) w elemencie oporowym 7 (6363-12-010) – zamocowany śrubą 9 (DIN13 ark.43, klasa wytrzymałości 10,9) przez podkładkę 11 (6363-017-12) do płyty 1. Obrabiamy korpus mocując dwie łapy 15 (DIN6316) umieszczone na podstawie 14 (7110M-12-1) przez przedłużacz 13 (7110Z-16-3) i element bazujący 12 (7110FS-12-3). Siła docisku łapy wynosi ok. 53 kN. Czas zamocowania (odmocowania) przedmiotu obrabianego to 2 min, zaś czas przygotowawczo-zakończeniowy wynosi 30 min.

W tym przykładzie przyjęto 11 kryteriów oceny punktowej uchwytów (5 – ocena bardzo dobra, 4 – dobra, 3 – zadowalająca, 2 – zła, 1 – bardzo zła, 0 – dyskwalifikująca konstrukcję) oraz wskaźniki ich ważności ( $w=0,75$ ; 0,5 lub 0,25 – dla kryteriów o odpowiednio mniejszym znaczeniu). W tym analizowanym przypadku (tab. I) uchwyt specjalny otrzymał korzystniejszą ocenę.



Rys. 7. Uchwyt specjalny IIIa  
Fig. 7. Special handle IIIa



Rys. 8. Uchwyt modułowy IIIb  
Fig. 8. Modular chuck IIIb

Tabela I. Ocena uchwytów IIIa i IIIb  
Table I. Assessment of fixtures IIIa and IIIb

Cecha konstrukcyjna lub użytkowa uchwytu	Wskaźnik ważności	Ocena uchwytu specjalnego	Ocena uchwytu modułowego
Wymiary gabarytowe (zajmowana powierzchnia i wysokość)	0,25	2	4
Masa	0,25	5	2
Ogólny stopień złożoności konstrukcji	0,25	5	2
Łatwość wytworzenia	0,75	3	5
Dostępność zastosowanych materiałów	0,25	5	5
Udział części znormalizowanych	0,5	5	4
Spełnienie wymagań ergonomicznych	0,75	4	3
Niezawodność i trwałość	1	5	4
Dogodność obsługi	0,75	5	3
Łatwość zamocowania na obrabiarce	0,25	4	5
Łatwość konserwacji	0,5	3	5
Wskaźnik sumaryczny		4,23	3,86

## Podsumowanie

Skuteczność stosowania, w pewnym zakresie, subiektywnej oceny punktowej opracowanych konstrukcji zależy nie tylko od rodzaju kryteriów szczegółowych, ale co oczywiste, również od przyjętych wartości ich wskaźników ważności. Z jednej strony wymaga to doświadczenia projektowego i technologicznego, z drugiej zaś umożliwia szybką ocenę i wybór koncepcji końcowej. Metodę tę można też zalecić na etapie kształcenia inżynierskiego mechaników technologów, gdyż sprecyzowanie przyjętych kryteriów oceny przez zespoły projektowe ułatwia nabycie wiedzy i umiejętności technologicznego kształtowania konstrukcji, nie tylko w aspekcie minimalizacji części, a więc kosztów, ale i racjonalizacji obsługi przez potencjalnego operatora na stanowisku obróbkowym.

Pomimo względnie dużych kosztów elementów modułowych, tego rodzaju oprzyrządowanie zalecić należy przede wszystkim w obróbce przedmiotów o skomplikowanych kształtach, gdyż najczęściej występuje konieczność ich podparcia w wielu miejscach konstrukcji. Podobnie jest w przypadku możliwości obróbki wielu elementów jednocześnie. Obszerne spektrum elementów ustalających, mocujących i innych, proponowanych przez wiele firm na rynku, a także zwiększenie liczby palet w systemach obrabiarkowych, znacząco zwiększa zakres zastosowania uchwytów modułowych, szczególnie gdy nie można wykorzystać zespolonego oprzyrządowania uniwersalnego.

## LITERATURA

- [1] Barylski A. 2017. „Analiza konstrukcji uchwytów obróbkowych w aspekcie montażu”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (4): 37–41.
- [2] Barylski A. 2017. „Ilościowa ocena technologiczności konstrukcji uchwytów obróbkowych”. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji* (5): 21–32.
- [3] Barylski A. 2017. „Ocena technologiczności konstrukcji uchwytów obróbkowych w aspekcie montażu i cech użytkowych”. *Przegląd Mechaniczny* (3): 31–37.
- [4] Benhabib B., K.C. Chan, M.Q. Dai. 1991. “A Modular Programmable Fixturing System”. *Journal of Engineering for Industry* (113): 93–100.
- [5] 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.
- [6] Boyle M.I., Y. Rong, D.C. Brown. 2011. “A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches”. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* (27): 1–12.
- [7] Bruksza A. 2000. „Sposoby zwiększania sztywności modułowych uchwytów składanych”. *Technologia Automatykacja Montażu* (4): 29–31.
- [8] Dudicz P. 2013. „Projekt oprzyrządowania do obróbki części klasy korpus”. Prowadz. pracę A. Barylski. Gdańsk: Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej.
- [9] Feld M. 2002. „Uchwyty obróbkowe”. Warszawa: WNT.
- [10] Hoffman E.D. 1987. „Modular Fixturing”. Manufacturing Technology Press, Inc., Wisconsin.
- [11] Januszewski M. 2010. „Opracowanie konstrukcji uchwytów przedmiotowych”. Prowadz. pracę A. Barylski. Gdańsk: Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej.
- [12] Karpuk M., K. Siczka, K. Głaz. 2018. „Biblioteka 3D CAD modeli elementów uniwersalnych przyrządów składanych”. *Mechanik* (1): 64–66.
- [13] Materiały informacyjne firmy Kipp Modular FFS.
- [14] Materiały informacyjne firmy Amf.
- [15] Materiały informacyjne firmy Carr Lane.
- [16] Materiały informacyjne firmy Erwin Halder KG.
- [17] Materiały informacyjne firmy Venlic Block Jig System.
- [18] Materiały informacyjne firmy Yuasa Modular Flex System.
- [19] Materiały informacyjne firmy Warlton Unitool.
- [20] Materiały informacyjne firmy CATIC System.
- [21] Materiały informacyjne firmy Gridmaster System.
- [22] Materiały informacyjne firmy Bluco Technik.
- [23] Materiały informacyjne firmy MITEE-BITE Clamp.
- [24] Materiały informacyjne firmy SAFE Fixture System.
- [25] Materiały informacyjne firmy Write Alufix System.
- [26] Mihaylov O., G. Nikolcheva. 2017. “An integrated RBR fixture design system”. CBU International Conference on Innovations in Science and Education. March 22–24, Prague: 1175–1180.
- [27] Tanji S., S. Raiker, A.T. Mathew. 2017. “Computer aided fixture design – A case based approach”. 14<sup>th</sup> ICSET. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (263): 1–9.
- [28] Zhu Y., S. Zang. 1990. “Modular Fixturing Systems: Theory and Application”. Machinery Press, Beijing.

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