CECHY POŁĄCZEŃ MODUŁÓW KONSTRUKCYJNYCH OBRABIAREK REKONFIGUROWALNYCH

Features of connection modules constructions of reconfigurable machine tools

Tadeusz KOWALSKI, Grzegorz DUBIEL

S t r e s z c z e n i e: W artykule zostaną omówione takie zagadnienia jak:
– wymagania stawiane połączeniom konstrukcyjnym obrabiarek rekonfigurowanych,
– wpływ modułowości konstrukcji na dalszą możliwość rozbudowy obrabiarek już pracujących, w warunkach niewyspecjalizowanego montażu u odbiorcy,
– zakres rozbudowy funkcjonalnej obrabiarek na przykładzie centrum tokarskiego Osa,
– przykład rozbudowy o: podajniki przedmiotów obrabianych, podajniki rur, magazyny przedmiotów obrabianych, wrzecienniki przechwytujące i platformy narzędziowe.

S ł o w a k l u c z o w e: modułowość konstrukcji, podajnik, rekonfiguracja obrabiarek

A b s t r a c t: The paper presents:
– requirements for structural connections reconfigurable machine tools,
– the impact of modular design further upgradeable machine already working under conditions of non-specialist installation at the customer,
– the scope of the expansion of functional machine for example turning center Osa,
– example of an expansion of: feeders workpieces, trays pipes, feeder workpiece, headstocks capture platform and tooling.

K e y w o r d s: modular construction, feeder, reconfiguration of machine tool

Wstęp

Budowa modułowa charakteryzuje się tym, że wymagana konstrukcja maszyny zawiera przygotowane wcześniej części, zespoły i mechanizmy, które w sposób jednoznaczny dają się zmontować. Budowa modułowa w porównaniu z indywidualnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi jest korzystniejsza ze względów techniczno-ekonomicznych, gdy wymagane warianty rozwiązań przewidziane w programie produkcyjnym zakładu mogą być dostarczone do odbiorcy w określonych ilościach, a wymagane zamówienia mogą być zrealizowane jednym lub kilkoma podstawowymi modułami, uzupełnionymi kilkoma modułami funkcjonalnymi.

Budowa modułowa zapewnia możliwość przebudowy i rozbudowy odpowiedniego podsystemu konstrukcyjnego oraz daje możliwość współpracy z innymi podsystemami konstrukcyjnymi. Każdą konstrukcję modułową można ocenić ze względu na jej rozdzielczość. Dla każdego modułu wyznacza się stopień rozdrobnienia na części podstawowe, uwarunkowane funkcjonalnością i wykonawstwem. Dla całego systemu modułowego wyznacza się liczbę modułów i możliwości ich kombinacji, czyli warianty.

W budowie modułowej możemy rozróżnić dwa rodzaje systemów [1]:
– skończony, który da się przedstawić ze skończoną liczbą wariantów oraz nieskończony, który charakteryzuje się dużą różnorodnością możliwych kombinacji, których nie można zaplanować.

Współczesne obrabiarki i podsystemy automatyzujące składają się w 50 do 70% z typowych zespołów (zwanych komponentami), co pozwala na [1]:
– skrócenie fazy projektowania i konstruowania maszyn,
– skrócenie czasu budowy i uruchamiania maszyn,
– zmniejszenie udziału części konstrukcyjnych specjalnych oraz zwiększenie elastyczności rozbudowy,
– dostępność do części zamiennych, co zwiększa dyspozycyjność maszyn i ich systemów,
– znaczne ułatwienie planowania i realizacji automatyzacji produkcji o różnym stopniu elastyczności, dzięki dysponowaniu znanym zestawem modułowych konstrukcji,
– możliwość zaoferowania odbiorcy ekonomicznych i tańszych rozwiązań z możliwością ich rozwijania, poczynając od pojedynczej, podstawowej obrabiarki, przez autonomiczną stację obróbkową, aż po złożony system obróbkowy.

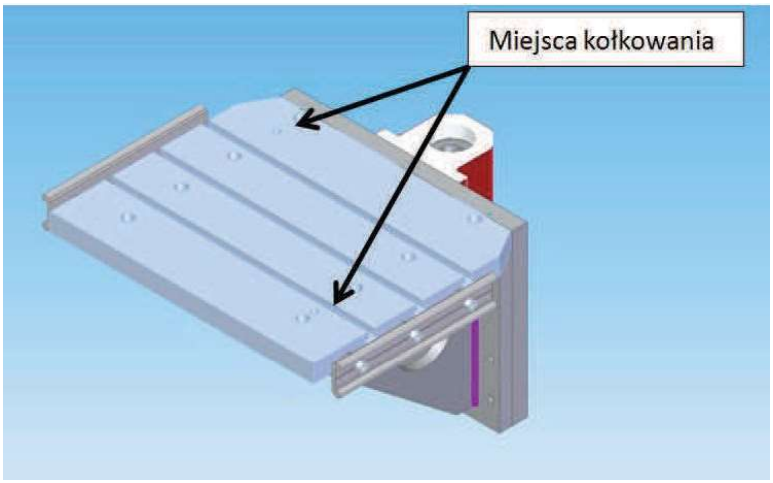
Modułowość jest warunkiem koniecznym dalszej rozbudowy istniejących już maszyn i urządzeń [3]. Dotyczy to szczególnie wszystkich środków transportu i magazynowania przedmiotów. Przykładem modułowości są manipulatory i urządzenia podające oraz magazyny sterowane centralnie. Bardzo ważnym zagadnieniem oprócz układów mechanicznych jest standaryzacja w zakresie przepływu informacji i sterowania. Przepływ informacji zapewniają programy sterujące maszyn i obrabiarek, w których zawarte jest centralne sterowanie magazynowaniem, manipulacją i transportem.

Wymagania stawiane połączeniom konstrukcyjnym obrabiarek rekonfigurowalnych

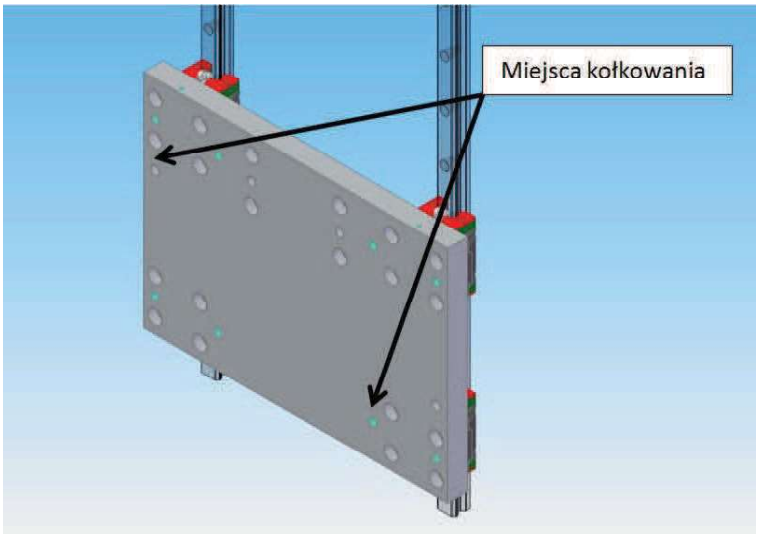
Podstawowe wymagania stawiane układom mechanicznym to powtarzalność położenia i wysoka dokładność połączeń. Czynniki te są ważne ze względu na dokładność obróbki, która musi pozostać tak samo wysoka przy różnych konfiguracjach konstrukcyjnych obrabiarki. Dodatkowym czynnikiem jest szybkość i łatwość wymiany modułów konstrukcyjnych. W przypadku obrabiarek rekonfigurowanych należy uwzględnić pewną cechę nadrzędną, oprócz powtarzalności i dokładności połączeń, jaką jest demontowalność [6]. Zapewnia to szybką zmianę struktury obrabiarki, zgodnie ze zmieniającą się produkcją. W przypadku obrabiarek tę połączoną cechę nazywa się również rekonfiguralnością, tzn. łatwość, trwałość, dokładność i powtarzalność [4,5,7]. Takie połączenia powinny być stosunkowo proste i szybkie w zastosowaniu.

Rozpatrując pewien zbiór kryteriów oceny takich jak: szybkość łączenia, trwałość, uzyskana siła zamocowania, rozkład nacisków na powierzchnie łączone, złożoność konstrukcji i koszt wykonania stwierdzono w pracy [6], że połączenie śrubowe uzyskuje najwyższą ocenę, chociaż miało niską ocenę pod względem szybkości łączenia. Należy rozpatrzeć również inne metody. Proponowaną metodą jest kombinacja metody połączenia śrubowego z połączeniem kołkowym. W tej kombinacji następuje zwiększenie szybkości połączenia.

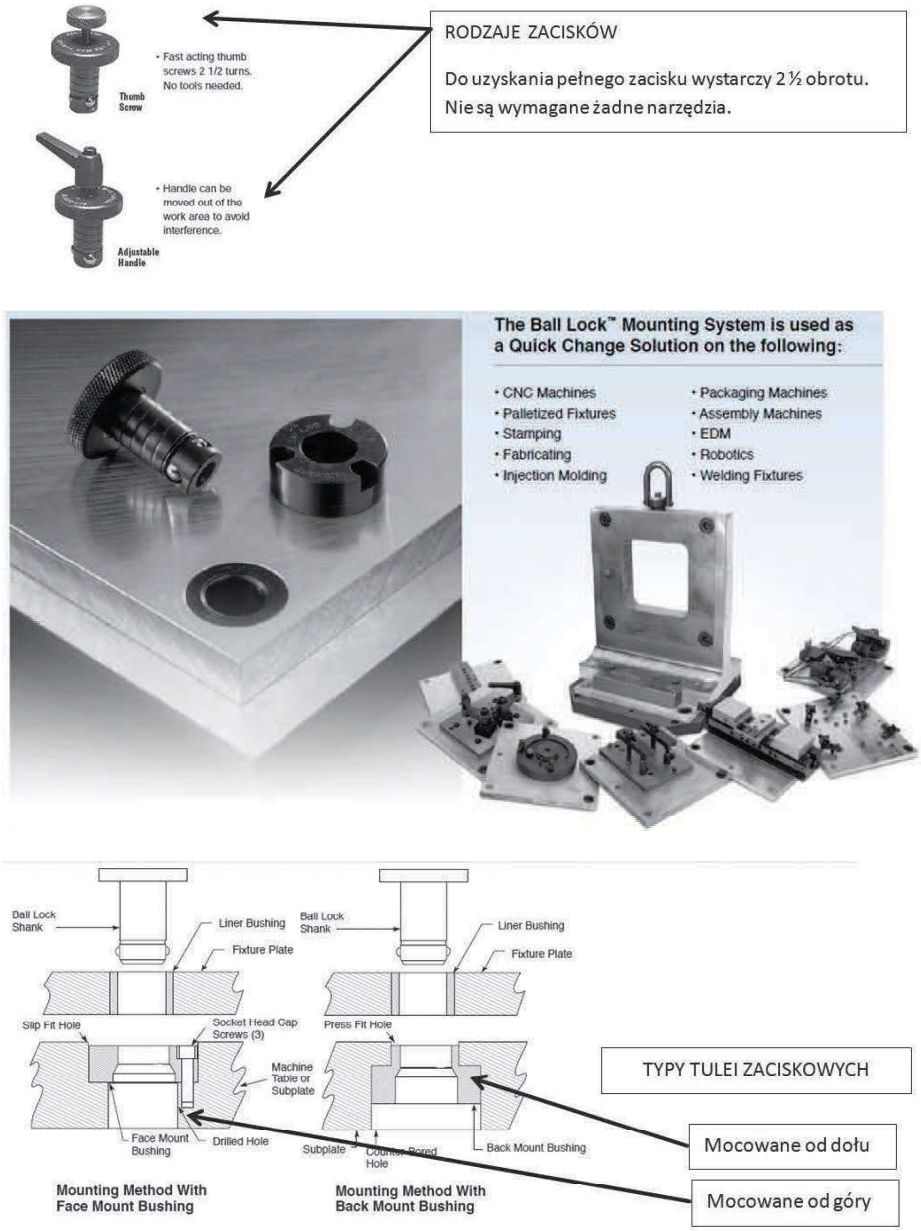
Przykładem rozwiązań konstrukcyjnych jest stół obrabiarki BĄK (rys. 1), który jest kołkowany do płyty pośredniej (rys. 2) i przykręcany śrubami. Takie połączenie umożliwia szybką wymianę stołów, np. na stół o osi obrotowej poziomej lub pionowej. W ten sposób następuje zwiększenie funkcjonalności frezarki.



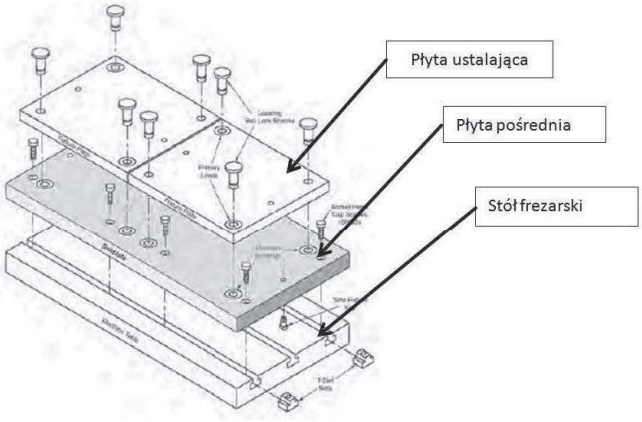
Rys. 1. Stół obrabiarki BĄK
Fig. 1. Table of machine tool BĄK



Rys. 2. Płyta obrabiarki BĄK
Fig. 2. Plate of machine tool BĄK



Rys. 3. System połączeń BALL-LOCK [2]
Fig. 3. BALL-LOCK mounting system [2]



Rys. 4. System połączeń BALL-LOCK [2]
Fig. 4. BALL-LOCK mounting system [2]

Metodą szybkich połączeń jest opatentowany system połączeń BALL-LOCK (rys. 3), który umożliwia szybką i powtarzalną wymianę palet z zamocowanymi przedmiotami obrabianymi. Pozwala to wyeliminować konieczność każdorazowego dokonywania pomiarów ustawienia części w przestrzeni technologicznej. Czas przezbrojenia palety i stołu obrabiarki może spaść nawet poniżej jednej minuty. W ten sposób uzyskuje się wysoką powtarzalność pozycjonowania, która sięga +/- 0,013 mm.

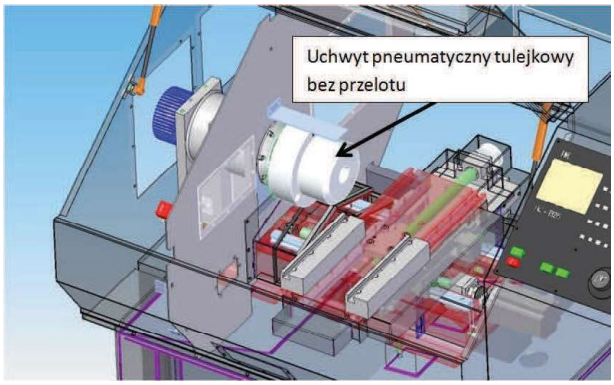
Wpływ modułowości konstrukcji na dalszą możliwość rozbudowy obrabiarek

Możliwości konfiguracyjne i rekonfiguracyjne obrabiarki OSA są bardzo szerokie. Można np. założyć, że w zależności od zasobności portfela i wymagań klienta, zastosuje się różne uchwyty wrzeciona. Oto przykład kilku z nich (rys. 5–7), które różnią się zakresem możliwych zamocowań i ceną uchwytów.

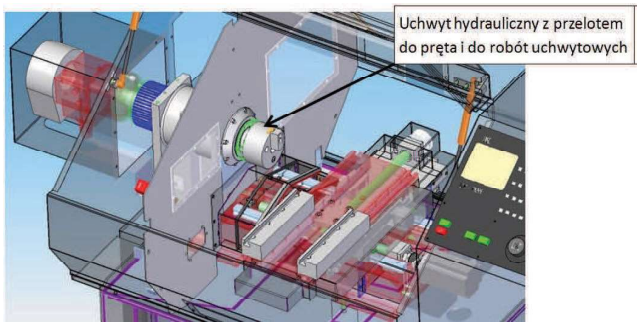
Obrabiarkę OSA można również wyposażyć w hamulec wrzecionowy (rys. 8), co w przypadku zastosowania na suporcie elektrowrzecion umożliwi klientowi obróbkę wiertarsko-frezarską przedmiotów.

Obok obróbki z pręta, maszynę można dostosować do seryjnej obróbki przedmiotów w postaci wcześniej przygotowanych półfabrykatów (rys. 9). Do magazynu grawitacyjnego od tyłu maszyny ładowane są przedmioty. Pneumatyczny chwytak odbiera je i za pomocą ruchu suportu umieszcza w uchwycie (rys. 10). Istnieje możliwość obustronnej obróbki przedmiotu przez obrót chwytaka.

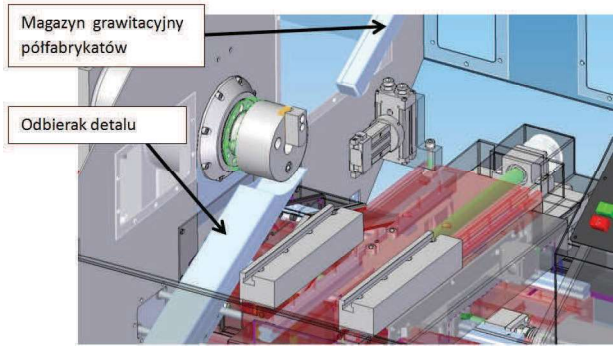
W tak zautomatyzowanej i wydajnej obróbce konieczny staje się szybki odbiór przedmiotów. Taką możliwość oferuje OSA w opcji z rynną do odbioru przedmiotów



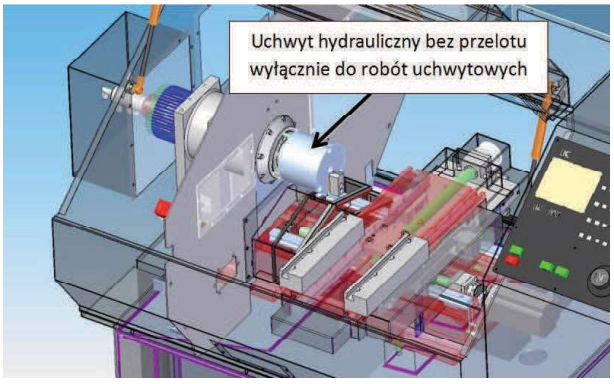
Rys. 7. Uchwyt pneumatyczny nieprzelotowy do prac uchwytowych obrabiarki OSA
Fig. 7. Pneumatic power chuck non-through for the work of the gripping machine tool OSA



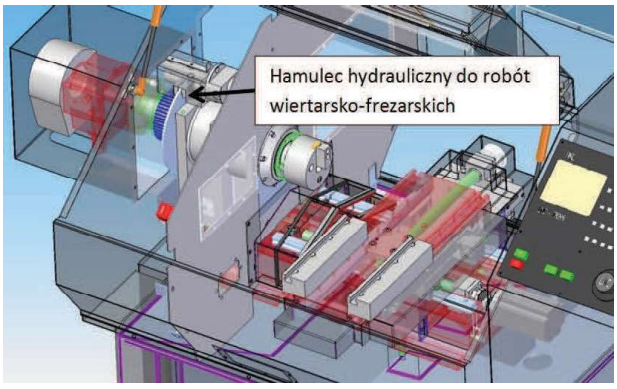
Rys. 5. Uchwyt hydrauliczny przelotowy do obróbki z pręta i robót uchwytowych obrabiarki OSA
Fig. 5. Through-hole hydraulic cylinder for bar machining OSA



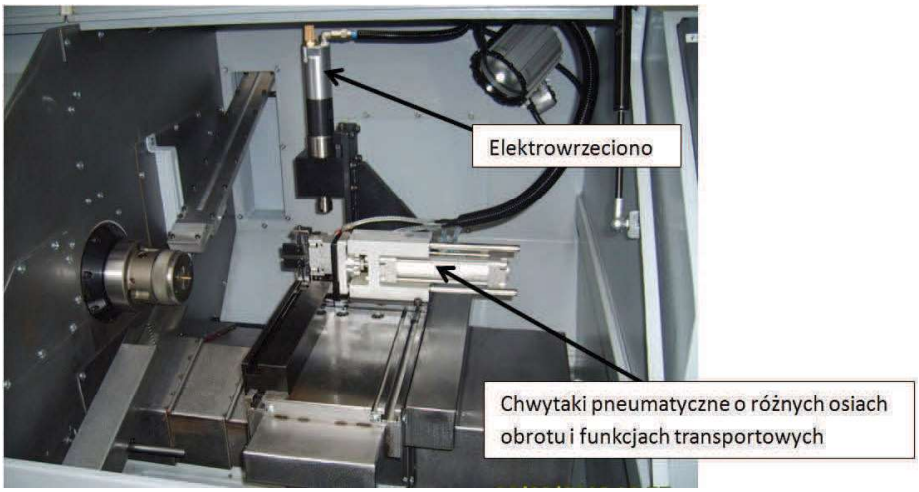
Rys. 8. Hamulec wrzecionowy obrabiarki OSA
Fig. 8. Brake spindle of machine tool OSA



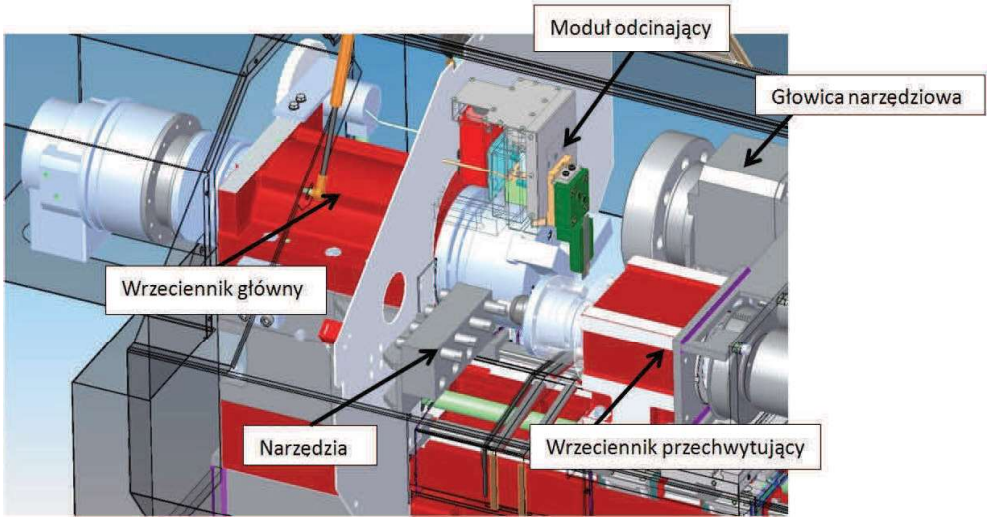
Rys. 6. Uchwyt hydrauliczny nieprzelotowy do obróbki z pręta i robót uchwytowych obrabiarki OSA
Fig. 6. Hydraulic cylinder non-through hole for machining of the rod and the gripping machine tool OSA



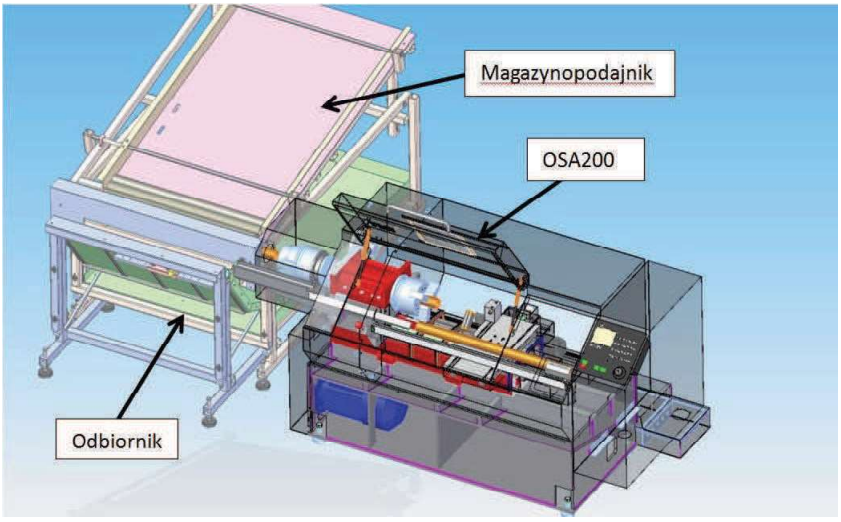
Rys. 9. Obrabiarka OSA przystosowana do obróbki półfabrykatów
Fig. 9. Machine tool OSA adapted for the processing of semi-finished product



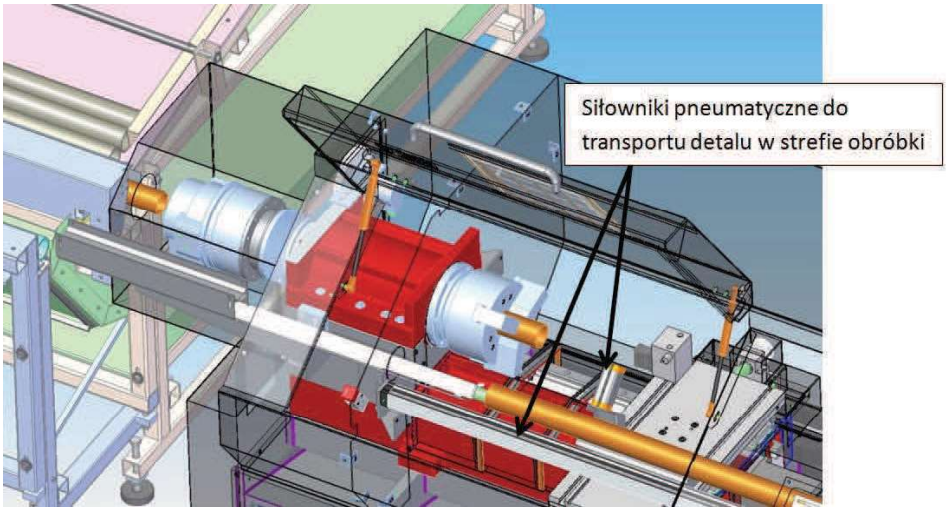
Rys. 10. Obrabiarka OSA przystosowana do obróbki półfabrykatów
Fig. 10. Machine tool OSA adapted for the processing of semi-finished product



Rys. 11. Wrzeciennik przechwytujący obrabiarki OSA
Fig. 11. Opposed Fixed headstock of machine tool OSA



Rys. 12. Obrabiarka OSA w wersji do obróbki końcówek gwintowanych rur z magazyno-podajnikiem i odbiornikiem
Fig. 12. Machine tool OSA version machining threaded ends of pipes with the store-feeder and receiver



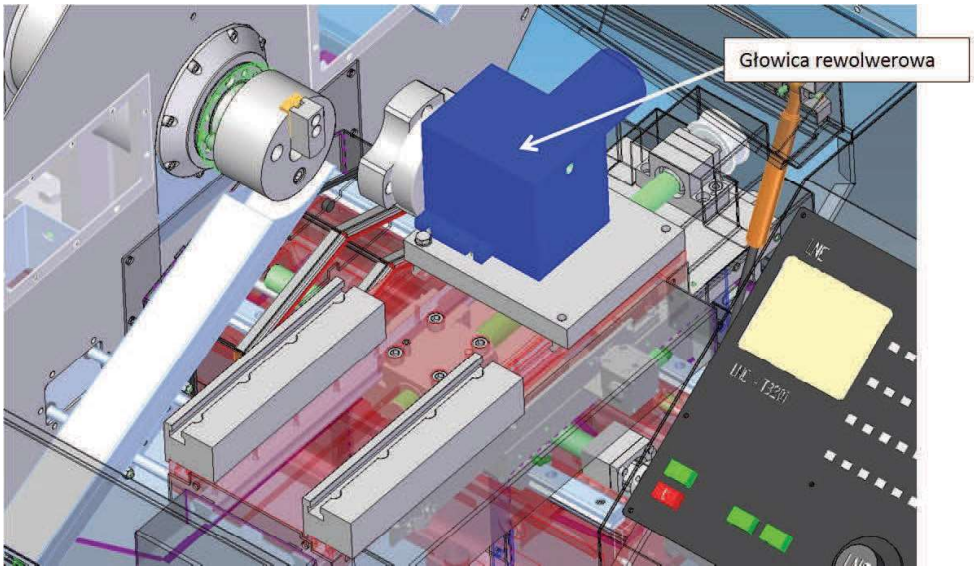
Rys. 13. Obrabiarka OSA w wersji do obróbki końcówek gwintowanych rur z transportem w strefie obróbki
Fig. 13. Machine tool OSA version machining threaded ends of pipes with the transport in the treatment zone

również o napędzie pneumatycznym. W trakcie obróbki odbierak jest schowany. Po odcięciu przedmiotu rynna podjeżdża pod przedmiot, który stacza się do odpowiedniej szufladki.

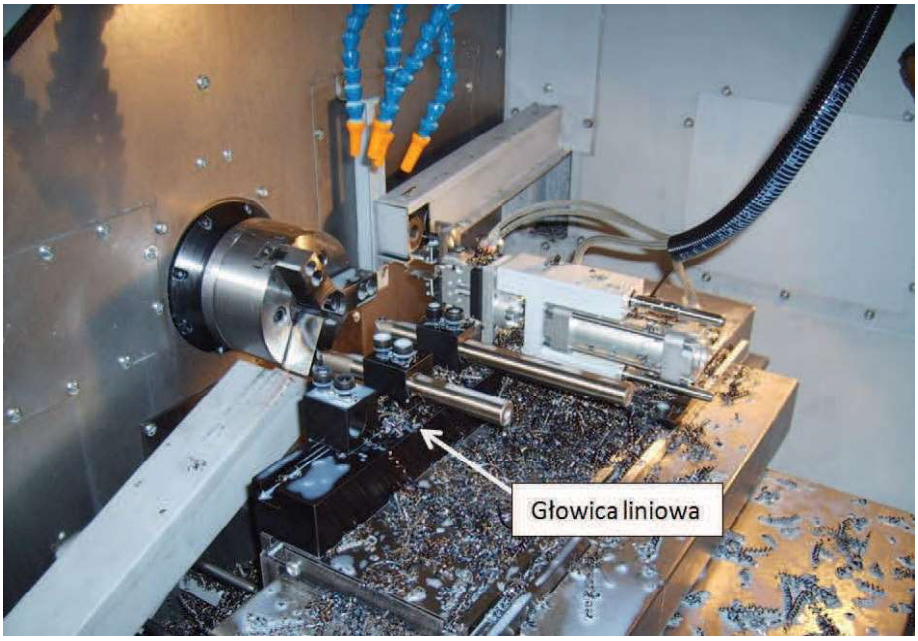
Przewidziano również możliwość rozbudowy OSY o wrzeciennik przechwytujący (rys. 11). Na suporcie poprzecznym istnieje możliwość umieszczenia wrzeciennika przechwytującego. Narzędzia do obróbki pozostają nieruchome i umiejscowione po stronie wrzeciennika głównego. Po zakończeniu obróbki w zamocowaniu we wrzecienniku głównym, drugi wrzeciennik przechwytuje przedmiot przy włączonych i szybkich obrotach. Następnie przedmiot jest odcinany i następuje obróbka z drugiej strony przedmiotu.

Kolejną stosowaną adaptacją obrabiarki OSA jest wersja do obróbki końcówek gwintowanych rur (rys. 12–13). W tym wariancie wyposażenie dodatkowe maszyny składa się z magazyno-podajnika półfabrykatów rur, siłowników do trzymania i wypychania przedmiotów ze strefy obróbki oraz odbiornika przedmiotów z magazynem. Obróbka każdej końcówki rury wykonywana jest cyklicznie. Po zakończeniu cyklu następuje ręczne przeładowanie przedmiotów w magazynie i cykl obróbki powtarza się.

Kolejnym ważnym modułem konstrukcyjnym obrabiarek są platformy narzędziowe. OSA to typowa maszyna do zastosowań głowicy narzędziowej liniowej (gang tooling). Na jednej listwie umieszcza się w szeregu narzędzia (rys. 14), a do zmiany narzędzia wykorzystywany jest ruch suportu. Główną zaletą tego rozwiązania jest szybkość, zaś mankamentem jest stosunkowo duża przestrzeń obrabiarki, którą zajmuje głowica.



Rys. 14. Głowica narzędziowa liniowa obrabiarki OSA
Fig. 14. Linear toolhead of machine tool OSA



Rys. 15. Głowica rewolwerowa obrabiarki OSA
Fig. 15. Tool turrets of machine tool OSA

W OSIE można również zastosować głowicę rewolwerową z osią poziomą (rys. 15), nie eliminując głowicy liniowej. Znacznie rozszerza to możliwości obróbcze OSY.

Podsumowanie

Konstruowanie maszyn modułowych o cechach rekonfiguracji jest opłacalne i konieczne. Zapewnia to uzyskanie maszyn stosunkowo tanich, z możliwością ciągłej rozbudowy. Dzięki temu klientowi pozostawia się szerokie pole manewru w postaci możliwości zmiany oprzyrządowania w zależności od potrzeb produkcyjnych. Daje to firmom elastyczność, co w połączeniu ze zwiększeniem wydajności (dzięki automatyzacji), bezpośrednio przekłada się na zysk firmy.

Budowa modułowa daje korzyści producentowi oraz użytkownikowi maszyn. Modułowy skład systemu daje możliwości wprowadzania zmian konstrukcyjnych w użytkowanym systemie oraz jego rozbudowę o dalsze funkcje wykonawcze lub zwiększenie stopnia automatyzacji wytwarzania. Możliwości modernizacyjne takich maszyn są wpisane w ich konstrukcję. Należy ciągle poszukiwać nowych rozwiązań, aby poprawić szybkość łączenia, trwałość, uzyskaną siłę zamocowania, rozkład nacisków na powierzchnie łączone, złożoność konstrukcji i koszt wykonania. Należy poszukiwać nowych złączy obrabiarek rekonfigurowanych o coraz doskonalszych cechach.

LITERATURA

[1] Honczarenko J. 2000. „Elastyczna automatyzacja wytwarzania. Obrabiarki i systemy wytwarzania". Warszawa: WNT.
[2] Jergens Workholding Solutions Catalog: System szybkiego mocowania „Ball – Lock".
[3] Kosmol J. 2000. „Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem". Warszawa: WNT.
[4] Musiał J., M. Styp-Rekowski. 2006. „Technologiczne uwarunkowania modułowej budowy obrabiarek skrawających". *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2): 26–29.
[5] Styp-Rekowski M., J. Musiał. 2006. „Zagadnienia konstrukcyjne obrabiarek skrawających o strukturze modułowej". *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2): 22–25.
[6] Styp-Rekowski M., J. Musiał. 2007. „Czynniki determinujące użytkowe cechy połączeń w obrabiarkach modułowych". *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2-3): 36–39.
[7] Szafarczyk M. i in. 2003. „Obrabiarki modułowe, przekształcalne, przestawialne". *Mechanik* (1): 719–721.

Dr inż. Tadeusz Kowalski – Instytut Technik Wytwarzania – Zakład Automatyzacji Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem Politechniki Warszawskiej, ul. Narbutta 86, 02-524 Warszawa, e-mail: kowalski.tad@gmail.com

Mgr inż. Grzegorz Dubiel – Centrum Badawczo-Konstrukcyjne Obrabiarek Sp. z o.o., ul. Staszica 1, 05-800 Pruszków, e-mail: grzegorz.dubiel@cbko.pl