

MODERNIZACJA TOKARKI TUG1200 I UWARUNKOWANIA MONTAŻOWE JEJ NOWYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

TUG1200 cnc lathe rebuilding. Setup of the new components in the machine

Tadeusz KOWALSKI, Grzegorz DUBIEL

S t r e s z c z e n i e: W pracy przedstawiono możliwości modyfikowania konstrukcji znanych maszyn technologicznych budowanych modułowo. Przedstawiono kierunek modyfikacji obrabiarek, których komponenty są już wykonane, a dołożenie nowych modułów konstrukcyjnych rozszerza zakres zastosowania. Przedstawiono problemy jakie powstaną na skutek zwiększenia maksymalnej średnicy toczenia i zwiększenia długości toczenia. Będzie to wymagało rozszerzenia standardowego oprzyrządowania tokarki o podtrzymki stałe i ruchome oraz o podtrzymkę śruby tocznej. Przedstawiono problemy montażowe wynikające z wprowadzenia zestawu podtrzymek detalu i śruby tocznej dla istniejącej konstrukcji obrabiarki.

S ł o w a k l u c z o w e: montaż, modyfikacja konstrukcji, tokarka

A b s t r a c t: Article covers topics dealing with possibility of rebuilding of the module-based machines. Modification methods are presented in this paper. Moreover, increased functionality of rebuilt machines are described together with problems due to increased turning diameter and turning length, which requires modification in lathe components. In addition, mounting issues of the new machine components are presented with additional accessories and components.

K e y w o r d s: setup, construction rebuildin, lathe

Wstęp

Modułowa konstrukcja maszyn i urządzeń [1-3] – w tym obrabiarek – jest powszechnie stosowana, co pozwala na budowanie maszyn na miarę aktualnych wymagań oraz modyfikację konstrukcji w zależności od potrzeb. Modyfikacja ta może dotyczyć nowej poprawionej konstrukcji, dzięki dołożeniu nowych modułów lub ich zastąpieniu. Niezwykle korzystne jest zastosowanie skonstruowanego korpusu i obudowy, jak również kupno wymaganych komponentów napędu i mechanizmu. Istnieje jeszcze inna droga postępowania, w której dla podstawowych (ze względu na funkcje) obrabiarek, można rozbudować już istniejącą obrabiarkę. Te obrabiarki nazywamy obrabiarkami rekonfigurowalnymi lub przestawialnymi.

W pracy zanalizowano pierwszy przypadek, gdy obrabiarka jest znana, a zwiększony zostaje zakres jej zastosowania z wykorzystaniem już skonstruowanych modułów.

Zakres modyfikacji tokarki TUG1200/1400

Przystępując do prac modyfikujących tokarkę TUG założono:

Uniknięcie kosztownej zmiany odlewu wrzeciennika. Wymagane podniesienie osi tokarki uzyska się przez zastosowanie podkładki pod wrzeciennik.

1. Uniknięcie kosztownej zmiany odlewu łoża przez zastosowanie kilkuelementowej, modułowej budowy łoża o zwiększonej długości toczenia.
2. Zwiększenie długości toczenia wymaga wydłużenia śruby tocznej w osi „Z”. Wówczas konieczne staje się zmniejszenie prędkości szybkiego przesuwu suportu ze względu na powstające drgania śruby, aby

zachować dotychczasowe wartości szybkiego przesuwu należy zastosować podparcie śruby tocznej odpowiednią podtrzymką.

3. Ze względu na wydłużoną długość toczenia do ponad 4 m, konieczne staje się zastosowanie podtrzymki detalu, w celu zniwelowania drgań przedmiotu obrabianego.

Rozpatrzono zatem dwa warianty:

- a) podtrzymka stała, która nie przemieszcza się w trakcie obróbki. Ma regulację położenia na łożu wzdłuż osi „Z” oraz regulację średnicy przez rozsuwanie trzpieni podporowych. Na powierzchni styku podtrzymka-detalu stosuje się łożyskowane, dociskane rolki. Mocowanie do łoża obrabiarki odbywa się za pomocą podchwytu. Przesuw wzdłuż osi „Z” umożliwia wózek toczny. Podtrzymka ma konstrukcję zamkniętą ze stykiem 3-punktowym, co pozwala na obróbkę cięższych detali,
- a) podtrzymka ruchoma, która montowana jest na podporcie i przesuwa się wraz z narzędziem podczas obróbki. Obróbka następuje zawsze w miejscu podparcia detalu. Konstrukcja tej podtrzymki jest dużo lżejsza. Cechuje się budową otwartą i dwoma punktami podporu. Podobnie jak w przypadku podtrzymki stałej występuje regulacja średnicy detalu w postaci trzpieni z łożyskowanymi rolkami.

Wymagania dokładnościowe tokarek

Stwierdza się, że parametrami dokładności maszyny lub jej zespołów jest:

- dokładność ruchu względnego powierzchni roboczych,
- dokładność położenia tych powierzchni względem siebie,
- dokładność połączenia.

Parametry te uzyskuje maszyna lub jej zespół w czasie montażu, co nazywa się dokładnością montażu. Stwierdza się, że niezawodność i trwałość maszyny zależy w równym stopniu od rozwiązania konstrukcyjnego i warunków eksploatacji oraz od dokładności części i ich montażu. W przypadku montażu rozpatruje się dodatkowe korzystne naprężenia w połączeniach oraz wynikające z nieprawidłowego montażu powstające odkształcenia. W montażu ujawniają się błędy konstrukcyjne np. zbyt mała sztywność zespołu.

Odchyłki wpływające na dokładność montażu można podzielić na [5]:

- odchyłki przypadkowe – powstałe z przyczyn nieokreślonych,
- odchyłki nieprzypadkowe – przewidziane lub określone,
- odchyłki położenia – niewspółosiowość, nierównoległość itp.,
- odchyłki połączeń, np. tolerancja pasowania,
- odchyłki odkształceń zamierzonych (dociąganie połączeń gwintowych) i niezamierzonych (powstałe w połączeniach wciskanych odkształcenia plastyczne, w połączeniach o małej sztywności odkształcenia sprężyste),
- odchyłki niewyrównoważenia.

W przypadku montażu łoża długich tokarek prowadnice po obróbce powinny być wypukłe, a po obciążeniu suportem powinny się wyprostować w granicach dopuszczalnych odchyłek. Podobne efekty można uzyskać przez skrobanie odkształconych powierzchni bazowych części bazującej. Odchyłki uzyskane w wyniku obciążenia kompensuje się lub usuwa przez skrobanie.

Obrabiarki CNC wyróżniają się dużą sztywnością statyczną i dynamiczną oraz dobrym tłumieniem drgań. Cechy te są szczególnie przydatne w przypadku wysokich

parametrów kinematycznych i dużych mocy skrawania. Wymaga to wielokierunkowych działań konstrukcyjnych, takich jak: zastosowanie bezluzowych łożyskowań wrzecion, wyrównoważenie silników napędowych, stosowanie stabilnych przewodnic z materiałów o minimalnej różnicy współczynników tarcia, stosowanie śrub tocnych charakteryzujących się podwyższoną nośnością i sztywnością.

Badania dokładności obrabiarek [4] przeprowadza się już w trakcie montażu obrabiarki, następnie podczas instalowania obrabiarek u klienta oraz w czasie eksploatacji. Badania dokładności obrabiarek są opisane w normie ISO 230 „Acceptance code for machine tools”. Przedmiotem normy są wymagania i wytyczne dotyczące sprawdzania dokładności geometrycznej obrabiarki oraz wymagania i wytyczne dotyczące sposobów badań i środków mierniczych. Polskie normy określają ogólne przepisy badania obrabiarek i szczegółowe metody wyznaczania poszczególnych odchyłek oraz tolerancje ograniczające ich dopuszczalne wartości. Norma składa się z:

- PN-ISO 230-1:1998 – Przepisy badania obrabiarek. Dokładność geometryczna obrabiarek pracujących bez obciążenia lub w warunkach obróbki wykończeniowej,
- PN-ISO 230-2:1999 – Przepisy badania obrabiarek. Wyznaczanie dokładności i powtarzalności pozycjonowania osi sterowanych numerycznie,
- PN-ISO 230-3 – Wyznaczanie efektów cieplnych,
- PN-ISO 230-4:1999 – Przepisy badania obrabiarek. Badania okrągłości w obrabiarkach sterowanych numerycznie,
- PN-ISO 230-5:2002 – Przepisy badania obrabiarek. Wyznaczanie emisji hałasu.

Prace konstrukcyjne zmodyfikowanej tokarki TUG



Rys. 1. Tokarka TUG1200/1400 – widok ogólny
Fig. 1. CNC Lathe TUG1200/1400 – overall view

Tab. 1. Porównanie przestrzeni roboczej tokarki TUG1200/1400
 Tab. 1. Working area comparsion TUG1200/TUG1400

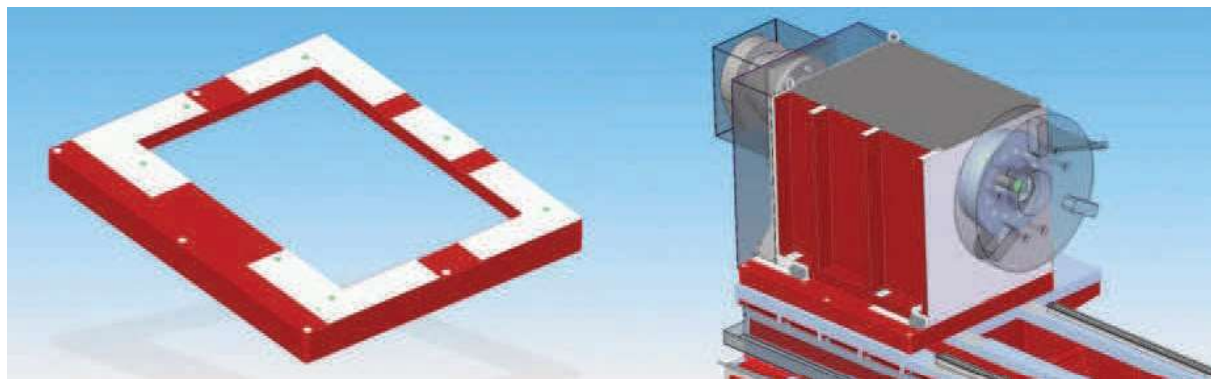
Parametr	TUG1200 (mm)	TUG1400 (mm)
Przelot nad łożem	1200	1400
Przelot nad suportem	800	1000
Maksymalna długość toczenia w kołach	2000	4400
Przesuw w osi „X”	680	780
Przesuw w osi „Z”	2000	4400

Modyfikacja średnicy toczenia

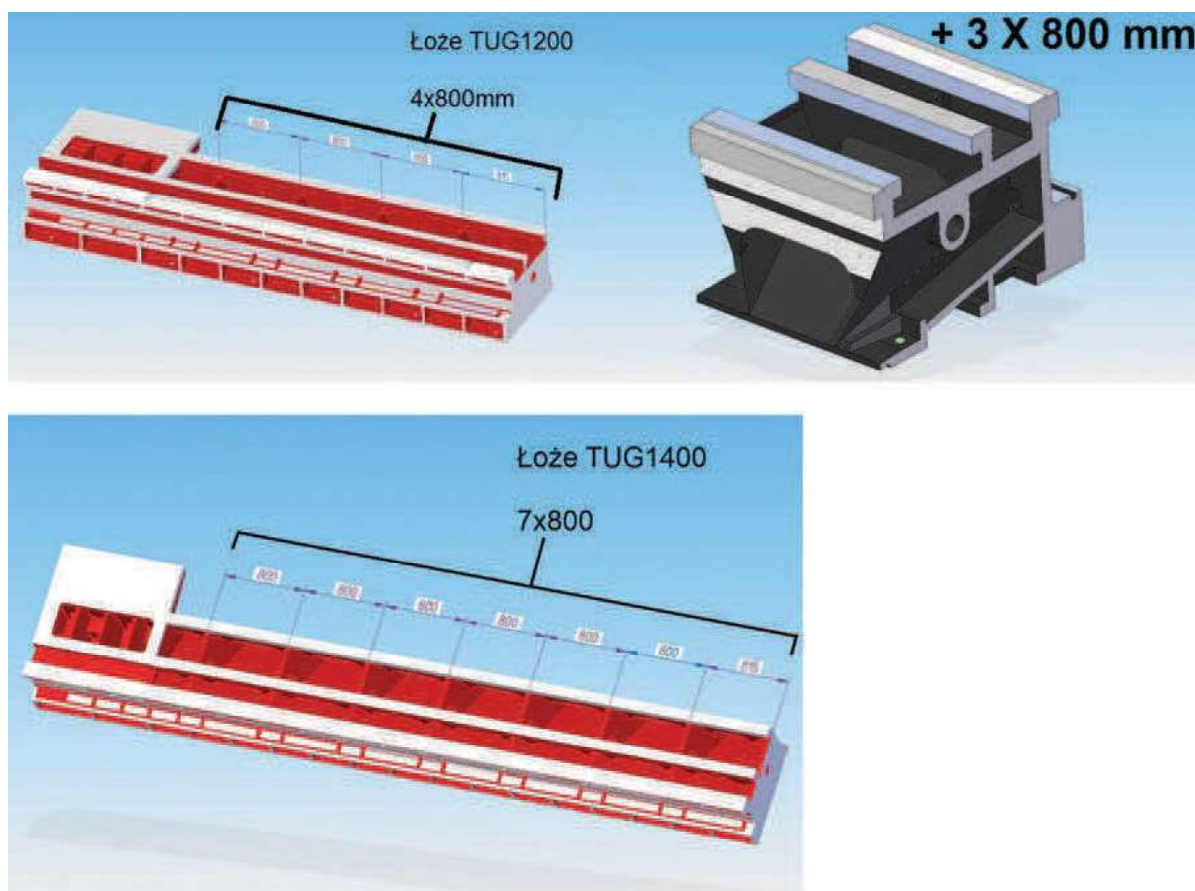
Zaproponowano modyfikację maksymalnej średnicy toczenia na drodze podwyższenia osi wrzeciennika o 100 mm. Aby uniknąć kosztownej zmiany odlewu zastosowano podkładkę pod istniejący już wrzeciennik (rys. 2).

Modyfikacja długości toczenia

W celu modyfikacji długości toczenia przedłużono łożo o dalsze długości 3 modułów po 800 mm. Do 4 zastosowanych już modułów dołączono trzy następne (rys. 3).



Rys. 2. Podkładka pod wrzeciennik (a), widok wrzeciennika z zamontowaną podkładką (b)
 Fig. 2. Headstock raiser (a), headstock with mounted raiser (b)



Rys. 3. Łoże tokarki TUG: 4 moduły (a), widok modułu (b), 7 modułów (c)
 Fig. 3. CNC lathe TUG: 4 modules (a), module view (b), 7 modules (c)

Zastosowanie podtrzymki śruby tocznej

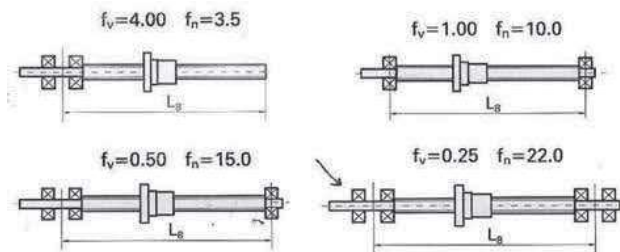
Przy powiększeniu długości toczenia wydłużeniu uległa śruba toczna w osi „Z”. Problemem była ograniczona prędkość szybkiego przesuwu suportu ze względu na możliwość powstawania drgań śruby. Aby zachować dotychczasowe wartości szybkiego przesuwu należało zastosować podparcie śruby tocznej odpowiednią podtrzymką.



Rys. 4. Śruba bez podparcia
Fig. 4. Ballscrew with no support

Rozważono następujący przypadek:

$L_s = 4844$ – długość śruby między podpartymi końcami,
 $d_0 = 50$ mm – średnica śruby,
 $f_n = 22$ – współczynnik dla danego sposobu podparcia końców śruby.



Rys. 5. Rodzaje podparcia śrub
Fig. 5. Ballscrew supporting methods

$p = 10$ mm – skok śruby

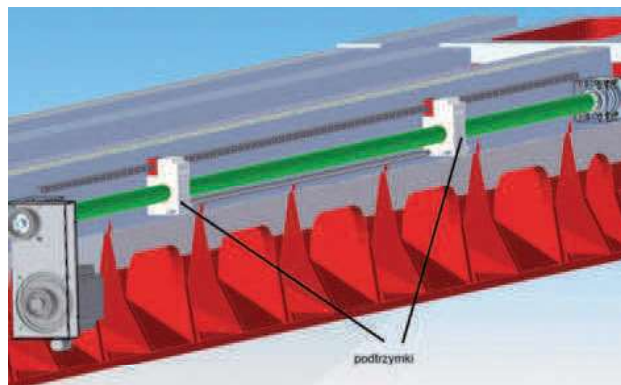
$$n_{kr} = \frac{1 \cdot 10^7 \cdot f_n \cdot d_0}{L_s^2} = 468 \text{ obr./min} - \text{prędkość krytyczna śruby}$$

$$n_{max} = 0,8 \cdot n_{kr} = 375 \text{ obr./min} - \text{prędkość maksymalna śruby}$$

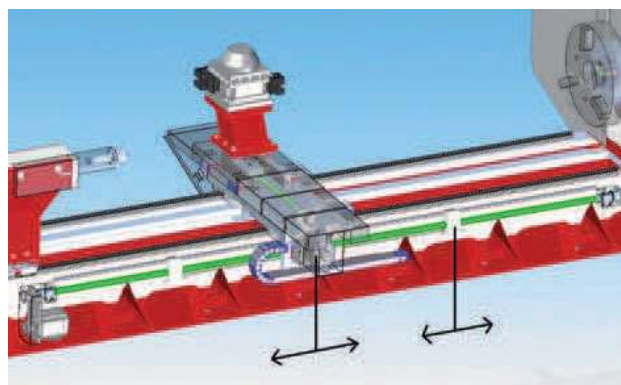
$$ff = n_{max} \cdot p = 3,75 \text{ m/min}$$

I tu pojawia się uwaga konstrukcyjna: *Wartość szybkiego przesuwu za mała dla tej obrabiarki!*

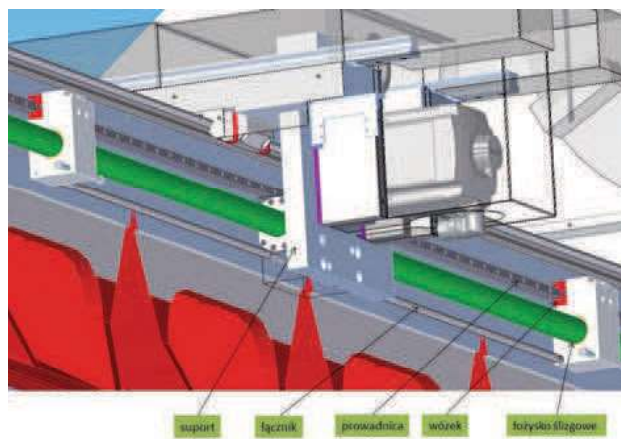
Zaproponowano podparcie w dwóch punktach podtrzymką (rys. 6) oraz takie rozwiązanie, że suport swym ruchem przesuwają układ podtrzymek (rys. 7). Dzięki temu śruba jest zawsze podparta we właściwym miejscu.



Rys. 6. Śruba z podparciem w dwóch punktach podtrzymką śruby tocznej
Fig. 6. Supported ballscrew



Rys. 7. Śruba z podparciem przesuwającym się wraz z suportem
Fig. 7. Moving ballscrew support



Rys. 8. Śruba widok od spodu
Fig. 8. Ballscrew bottom view

Rodzaje i sposoby montażu podtrzymki detalu

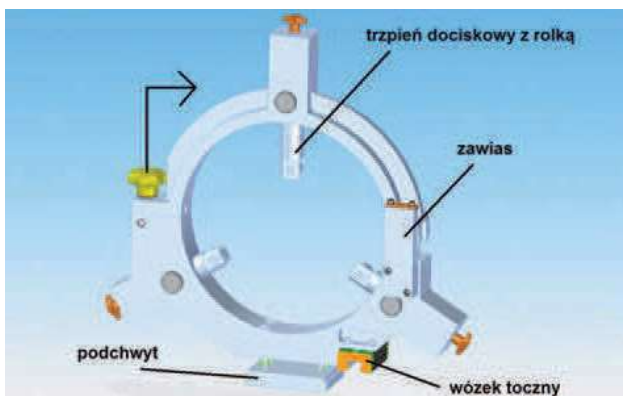
Zmodernizowana obrabiarka TUG ze względu na długość toczenia wynoszącą ponad 4 m została wyposażona w tzw. podtrzymki detalu, niwelujące drgania przedmiotu obrabianego.

Podtrzymka stała nieprzemieszczająca się w trakcie obróbki (rys. 9) ma regulację położenia na łożu wzdłuż osi „Z” oraz regulację średnicy przez rozsuwanie trzpieni

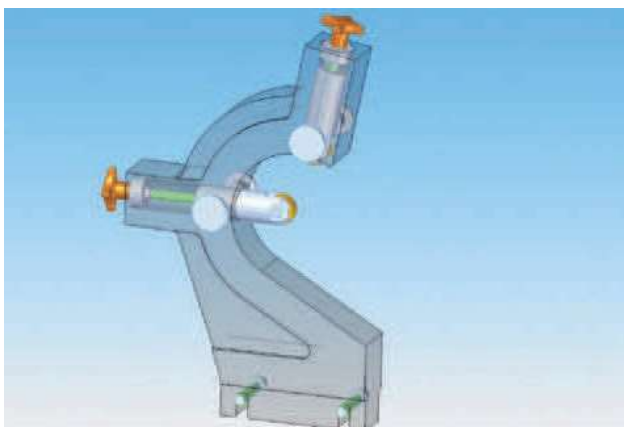


Rys. 9. Podrzymki stała i ruchoma
Fig. 9. Steady rests: stationary and movable

podporowych. Na powierzchni styku podtrzymka -detal znajdują się ułożyskowane i dociskane rolki. Mocowanie do łoża obrabiarki odbywa się za pomocą podchwytu. Przesuw wzdłuż osi „Z” umożliwia wózek toczny. Podtrzymka stała ma również konstrukcję zamkniętą ze stykiem 3-punktowym (rys. 10), co pozwala na obróbkę cięższych detali.



Rys. 10. Podrzymka stała zamknięta ze stykiem 3-punktowym
Fig. 10. Stationary steady rest with 3-point contact



Rys. 11. Podrzymka ruchoma montowana na suporcju
Fig. 11. Movable steady rest mounted on a lathe support

Podrzymka ruchoma montowana jest na suporcju i przesuwana się wraz z narzędziem podczas obróbki (rys. 11). Powoduje to, że obróbka następuje zawsze obok miejsca podparcia detalu. Konstrukcja tej podtrzymki odznacza się mniejszą masą niż poprzednia konstrukcja. Cechuje się budową otwartą i dwoma punktami podporu. Podobnie jak w przypadku podtrzymki stałej występuje regulacja średnicy detalu przez trzpienie z ułożyskowanymi rolkami.

Wnioski

Modyfikacja polegająca na wydłużeniu łoża istniejącej obrabiarki TUG1200 jest możliwa, zaś z rozważań konstrukcyjnych wynika, że mogą występować drgania śruby tocznej i należy zastosować podtrzymki detalu, aby zapobiec drganiom. Modułowość obrabiarki sprzyja możliwościom modyfikacji i doboru elementów, a takie postępowanie zmniejsza koszty produkcji obrabiarek. Powtórne wykorzystanie istniejących łoż żeliwnych jest zawsze korzystne ze względów wytrzymałościowych, a dodatkowo przy prawidłowo przeprowadzonej analizie wytrzymałościowej maszyny i jej elementów oraz odpowiednio dobranych modułach konstrukcyjnych montaż nie wymaga zastosowania specjalnych prac dopasowujących. Zaletą jest fakt ponownego użycia modułów maszyny kolejnych konstrukcji. Moduły rozszerzające zakres możliwości maszyny są uniwersalne, dzięki czemu mają zastosowanie w różnych konstrukcjach obrabiarek.

LITERATURA

- [1] Groover M.P. 2000. „Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing”. Prentice-Hall International.
- [2] Honczarenko J. 2000. „Elastyczna automatyzacja wytwarzania”. Warszawa: WNT.
- [3] Kosmol J. 2000. „Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem”. Warszawa: WNT.
- [4] Projekt badawczy N N503 18 1737: Kompleksowa metoda oceny dokładności technologicznej precyzyjnych tokarek CNC. Warszawa 2010.
- [5] Puff T., W. Sołtys. 1980. „Podstawy technologii montażu maszyn i urządzeń”. Warszawa: WNT.

dr inż. Tadeusz Kowalski – Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej, ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, e-mail: t.kowalski@wip.pw.edu.pl

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