

**N**ajstarsze i najpopularniejsze  
czasopismo polskich inżynierów

**PRZEGLĄD  
TECHNICZNY**



GAZETA INŻYNIERSKA

UJÓŻONY W 1866 r.



**OD 1866 ROKU CZASOPISMO POŚWIĘCONE  
PRZEMYSŁOWI KRAJOWEMU:**

- inżynierii cywilnej,
- budownictwu,
- górnictwu,
- mechanice,
- metalurgii,
- technologii chemicznej i mechanicznej.

*Od 23 lat Nasi Czytelnicy przyznają tytuł  
„Złotego Inżyniera Przeglądu Technicznego”*

**OD 150 LAT  
PREZENTUJE PROBLEMATYKĘ  
POLSKIEJ I ŚWIATOWEJ:**

- techniki,
  - nauki,
  - gospodarki,
  - ekologii,
  - środowiska inżynierskiego,
  - kształcenia technicznego,
  - innowacyjności
- oraz wynalazki, odkrycia, patenty.



Znajdziesz nas na stronach:  
[www.przeglad-techniczny.pl](http://www.przeglad-techniczny.pl)  
[www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl)

**ZESPÓŁ REDAKCYJNY:**

**Redaktor Naczelny** – prof. dr hab. inż. Jerzy Łunarski  
**Z-ca Redaktora Naczelnego** – dr inż. Martyna Jachimowicz  
 tel. 663 311 966  
**Sekretarz Redakcji** – mgr Izabella Gosiewska  
 tel. 663 311 933  
**Redaktorzy tematyczni:**  
 Dr inż. Rafał Kluz (technologia, automatyzacja)  
 Dr inż. Katarzyna Antosz (niezawodność, eksploatacja)  
 Dr inż. Mirosław Chłosta (inżynieria, produkcja)

**RADA PROGRAMOWO-NAUKOWA:**

Prof. Dario Antonelli (Politecnico di Torino, Włochy), prof. Bronius Baksys (Kaunas University of Technology, Litwa), prof. Marek Balaziński (Ecole Polytechnique Montreal, Kanada), prof. Adam BARYLSKI (Politechnika Gdańska), mgr inż. Magdalena Borek-Daruk (SIGMA-NOT), prof. Józef Gawlik (Politechnika Krakowska) – z-ca przewodniczącego, prof. Jan Godzimirski (WAT), prof. Stefan Góralczyk (IMBiGS), prof. Mikulas Hajduk (Technická Univerzita v Kosiciach, Słowacja), prof. Michael Kheifetz (Polski Gosudarstwiennyj Uniwersytet, Białoruś), doc. dr inż. Radek Knoflicek (FME Brno, Czechy), prof. Mark Kristal (Volgograd State Technical University, Rosja), prof. Józef Kuczmaszewski (Politechnika Lubelska), prof. Piotr Łebkowski (AGH), prof. Antonio Maffei (KTH Royal Institute of Technology, Szwecja), prof. Ignace Martens (Katholieke Universiteit Leuven, Belgia), prof. Jacek Mucha (Politechnika Rzeszowska), prof. Vitaliy Pasichnyk (Nacjonalnyj Technicznyj Uniwersitet Ukrainy „Kijewskij Politechnicznyj Instytut”, Ukraina), prof. R. M. Chandima Ratnayake (University of Stavanger, Norwegia), prof. Emil Spisak (Technika Univerzita v Kosiciach, Słowacja), dr inż. Dorota Stadnicka (Politechnika Rzeszowska), prof. Jerzy Stamirowski (Politechnika Świętokrzyska), prof. Michaił W. Wartanow (Moskowskij Gosudarstwiennyj Maszynostroitelnyj Uniwersytet, Rosja), prof. Władimir P. Woronienko (Moskowskij Gosudarstwiennyj Technologiczeskij Uniwersytet, Rosja), prof. Jan Żurek (Politechnika Poznańska) – przewodniczący

**ADRES REDAKCJI:**

Kwartalnik „Technologia i Automatyzacja Montaży”  
 ul. Ratuszowa 11, pok. 740  
 00-950 Warszawa, skr. poczt. 1004  
 Tel. 22 853 81 13  
 e-mail: tiam@sigma-not.pl  
 www.tiam.pl

**PRENUMERATA:**

Zakład Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o.  
 ul. Ku Wiśle 7  
 tel. 22 840 30 86  
 tel./fax: 22 827 43 65, 619 22 41 w. 215  
 e-mail: prenumerata@sigma-not.pl  
 portal: www.sigma-not.pl

**REKLAMA:**

Redakcja: tel. 22 853 81 13  
 e-mail: tiam@sigma-not.pl  
 Dział Reklamy i Marketingu  
 tel./fax: 22 827 43 65  
 e-mail: reklama@sigma-not.pl

**SKŁAD I ŁAMANIE:**

Drukarnia Wydawnictwa SIGMA-NOT  
 ul. Ks. Jerzego Popiełuszki 19/21, 01-590 Warszawa  
 e-mail: drukarnia@drukarnia.sigma-not.pl

**WYDAWCA:**

 **IMBiGS**  
 Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
 ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa

 **SIGMA-NOT**  
 www.sigma-not.pl

Wydawnictwo SIGMA-NOT  
 ul. Ratuszowa 11 skr. poczt. 1004, 00-950 Warszawa

**PATRONAT:**

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników i Techników Polskich

Za treść ogłoszeń i artykułów promocyjnych redakcja nie odpowiada

Cena prenumeraty rocznej 60 zł  
 Wersja pierwotna: elektroniczna

**W numerze**

Wartanow M.W., Gaszin T.A.: Analiza i wybór rozwiązań technicznych przy projektowaniu urządzeń załadowczych linii automatycznego montażu medycznych mikrorurek. . . . .	6
Pietrowiak A., Ciszak O., Mroczek M., Jacków M.: Konstrukcja chwytaka z kontrolą siły chwytu w czasie rzeczywistym. . . . .	10
Kowalski T., Walkiewicz L.: Połączenia spawane korpusów obrabiarek lekkich i mobilnych oraz inne cechy konstrukcyjne. . . . .	14
Pleshakov A.A., Kristal M.G.: Zapewnienie wymaganej dokładności pomiarów średnic walcowych wkładek dla montażu selekcyjnego wiertel górniczych. . . . .	18
Budny E., Chłosta M.: Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie (cz. II). . . . .	24
Barylski A.: Analiza kosztów konfiguracji i montażu uchwytów modułowych na przykładzie obróbki dźwigni dwustronnej. . . . .	30
Peta K., Żurek J., Wiśniewski M., Pietrowiak A.: Zastosowanie metody FMEA do oceny jakości montażu nierozłącznego (lutowania) wybranych wyrobów. . . . .	34
Matuszak J., Zaleski K.: Kształtowanie krawędzi przedmiotów ze stopu tytanu Ti6Al4V metodą szcztokowania. . . . .	39
Skoczylas L., Skoczylas K.: Automatyzacja obliczeń istotności wpływu parametrów w procesach wytwarzania. . . . .	44
Kubit A., Kluz R.: Technologia kształtowania końcówek kablowych do podłączania aparatury rozdzielczej. . . . .	48

Kwartalnik notowany na liście czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – 7 pkt.

Wartanow M.W., Gaszin T.A.: Analysis of technological solutions for designing work loader of the automated assembly line of medical microtubes. . . . .	6	Вартанов М.В., Гашин Т.А.: Анализ и выбор технических решений при проектировании устройств загрузки автоматической линии сборки медицинской микропробки . . . . .	6
Pietrowiak A., Ciszak O., Mroczyk M., Jacków M.: Construction of the gripper with strength control in real-time . . . . .	10	Петровяк А., Цишак О., Мрочык М., Яцкув М.: Конструкция захвата с контролем силы захвата в текущем времени . . . . .	10
Kowalski T., Walkiewicz L.: Welded joints machine bodies lightweight and mobile, and other design features. . . . .	14	Ковальски Т., Валькевич Л.: Сварочные соединения корпусов легких и мобильных станков и другие конструкционные свойства . . .	14
Pleshakov A.A., Kristal M.G.: Ensuring the required accuracy of cylindrical inserts diameter measurement prior to hammer bits selective assembly . . . . .	18	Плешаков А. А., Кристаль М.Г.: Обеспечение требуемой точности измерений диаметров цилиндрических зубков для селективной сборки буровых коронок. . . . .	18
Budny E., Chłosta M.: Construction robotics and automations development directions (part II) . . . . .	24	Будны Е., Хлоста М.: Направления развития автоматизации в строительстве (ч. II) . . . . .	24
Barylski A.: Cost analysis of the configuration and the assembly of modular handles on the example of processing of the double-sided lever . . . . .	30	Барыльски А.: Анализ стоимости формирования и сборки модульных захватов на примере двустороннего рычага. . . . .	30
Peta K., Żurek J., Wiśniewski M., Pietrowiak A.: Implementation of FMEA method for quality assessment of inseparable assembly (brazing). . .	34	Пета К., Журек Я., Висьневски М., Петровяк А.: Применение метода FMEA для оценки качества сборки методом пайки избранных изделий . . . . .	34
Matuszak J., Zaleski K.: Edges formation of Ti6AL4V titanium alloy parts upon brushing . .	39	Матушак М., Залески К.: Формирование кромок изделий из титанового сплава методом крацевания . . . . .	39
Skoczylas L., Skoczylas K.: Automation of calculations significance of influence parameters in the manufacturing processes . . . . .	44	Скочиляс Л., Скочиляс К.: Автоматизация расчетов сущности влияния параметров в процессах изготовления . . . . .	44
Kubit A., Kluz R.: Technology of forming of tubular cable lugs for connection to the switch-gear . . . . .	48	Кубит А., Клюз Р.: Технология формирования проволочных наконечников для соединений распределительных аппаратов . . . . .	48

## Wskazówki dotyczące przygotowania artykułów

- Artykuły przeznaczone do opublikowania w kwartalniku „Technologia i Automatykacja Montażu” powinny mieć oryginalny i naukowo-techniczny charakter i być zgodne z problematyką czasopisma. Redakcja przyjmuje artykuły w jęz. polskim, jęz. angielskim i jęz. rosyjskim.
- Artykuł o maksymalnej objętości 5 stron A4 wraz z ilustracjami powinien być napisany czcionką Times Roman lub Arial 12 pkt, z interlinią 12 pkt. Formatowany tekst nie powinien mieć podziału na kolumny.
- Tytuł artykułu należy podać w jęz. polskim i jęz. angielskim. Tytuł nieprzekraczający 10 słów powinien odzwierciedlać istotne elementy treści artykułu.
- Struktura artykułów naukowo-technicznych prezentujących prace autora(ów) powinna być następująca: wstęp (wprowadzenie); metodyka (badań, analiz, pracy z podaniem ewentualnie materiałów, założeń itp.); wyniki (badań, analiz); omówienie wyników; wnioski; spis literatury.
- Podpisy pod ilustracjami oraz tytuły tablic należy podać w jęz. artykułu i jęz. angielskim.
- Ilustracje należy dołączyć również jako osobne pliki w formacie: .jpg, .tiff, z rozdzielczością co najmniej 300 dpi. Wszystkie zamieszczane ilustracje powinny być własnością autora(ów) lub należy podać źródło pochodzenia rysunków.
- Wzory matematyczne pisane w edytorze równań Microsoft Equation i powinny być oznaczane kolejnym numerem w nawiasie okrągłym. Wszystkie symbole powinny być objaśnione. Należy stosować jednostki układu SI.
- Spis literatury należy podać w kolejności cytowania w tekście, a odnośniki w tekście powinny być ponumerowane cyframi arabskimi i umieszczone w nawiasach kwadratowych. W przypadku korzystania z Internetu należy podać adres strony i datę odczytu. Liczbę autocytowań należy ograniczyć do niezbędnych.
- Do artykułu należy dołączyć streszczenie w jęz. artykułu i jęz. angielskim, zawierające minimum 200–250 słów.
- Pod streszczeniem należy podać 3–6 słów kluczowych w jęz. artykułu i jęz. angielskim, zwracając uwagę, by nie były one powtórzeniem tytułu pracy.
- Po spisie literatury zaleca się podanie źródła finansowania pracy.
- Na końcu artykułu należy podać: imiona i nazwiska autorów, tytuły naukowe lub zawodowe, telefon, faks, e-mail, miejsce zatrudnienia wraz z adresem do korespondencji.

## Procedura recenzowania

Procedura recenzowania artykułów w czasopiśmie jest zgodna z zaleceniami Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego zawartymi w opracowaniu „Dobre praktyki w procedurach recenzyjnych w nauce”, Warszawa 2011.

Wszystkie artykuły naukowo-techniczne publikowane w kwartalniku „Technologia i Automatykacja Montażu” są recenzowane.

Nadesłane artykuły są poddawane redakcyjnej ocenie formalnej i otrzymują numer redakcyjny, identyfikujący je na dalszych etapach procesu wydawniczego, a redakcja wysyła do autorów informację o przyjęciu artykułu i wysłaniu go do recenzentów. Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów. Redakcja dobiera recenzentów rzetelnych i kompetentnych w danej dziedzinie. Nadesłane artykuły nie są nigdy wysyłane do recenzentów z tej samej placówki, z której pochodzi autor. Prace recenzentów są poufne i anonimowe. Recenzja musi mieć formę pisemną i kończyć się jednoznacznym wnioskiem o dopuszczeniu artykułu do publikacji w czasopiśmie lub jego odrzuceniu. W przypadku pracy w języku obcym, co najmniej jeden z recenzentów jest afiliowany w instytucji zagranicznej innej niż narodowość autora pracy. Autorzy są informowani o wynikach recenzji oraz otrzymują je do wglądu. W sytuacjach spornych redakcja powołuje dodatkowych recenzentów.

Lista recenzentów publikowana jest w ostatnim zeszycie każdego rocznika.

## Warunki prenumeraty kwartalnika „Technologia i Automatykacja Montażu” w 2017 r.

Kwartalnik „Technologia i Automatykacja Montażu” ukazuje się formie elektronicznej i jest dostępny on-line na Portalu Informacji Technicznej Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o. ([www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl)).

**Cena prenumeraty rocznej wynosi:** 80 zł (w tym 5% VAT).

### Rabaty:

50% – dla członków stowarzyszeń naukowo-technicznych NOT, nauczycieli, studentów i uczniów,

10% – dla prenumeratorów podpisujących z Wydawnictwem umowę prenumeraty ciągłej (odnawialnej automatycznie).

### Prenumeratę można zamówić:

• **telefonicznie:** 22 840 30 86, 22 840 35 89

• **faksem:** 22 891 13 74

• **e-mailem:** [prenumerata@sigma-not.pl](mailto:prenumerata@sigma-not.pl)

• **on-line:** [www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl)

### listownie:

Zakład Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa

### dokonując wpłaty na konto:

Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o., ul. Ratuszowa 11, 00-950 Warszawa PKO BP 24 1020 1026 0000 1002 0250 0577 (w tytule przelewu należy podać nazwę czasopisma, liczbę zamawianych egzemplarzy i okres prenumeraty).

## ZNACZENIE INFORMACJI W PROCESACH PRODUKCYJNYCH

Jerzy ŁUNARSKI

Znaczenie informacji we współczesnych systemach gospodarczych staje się kluczowe dla ich rozwoju i jakościowych przeobrażeń. O jej znaczeniu świadczy wiele przykładów, m.in. powszechnie stosowane określenie obecnego wieku – „wiek informacji” i słowa prezesa Malten Corp, Fumiya Tamiaki, który twierdził, że *Era ludzi, rzeczy, pieniędzy przemija, obecnie nastaje era technologii, informacji i czasu.*

W procesach rozwojowych, prowadzących do obecnego stanu, wyróżnić można szereg charakterystycznych epok, np.: powstanie i rozwój systemów naturalnych (pierwiastki i związki chemiczne), trwających ok. 10–11 mld lat, powstanie systemów biologicznych (3–4 mld lat) i systemów intelektualnych ożywionych (ok. 2–3 mln lat). Obecnie obserwujemy narodziny i rozwój inteligencji sztucznej (AI – Artificial Intelligence) i jej pochodną BI (Business Intelligence), rozwijające się od ok. 100 lat. Cechą AI jest szybki wzrost mocy obliczeniowych i innych jej parametrów, których aktualne tempo wzrostu podwaja się co ok. 22 miesiące. Tendencja ta utrzymuje się od wielu lat i nie widać końca tego wzrostu. Aktualnie coraz wyraźniej zauważa się wzrastającą symbiozę między inteligencją ludzką a sztuczną, opartą na coraz lepszym poznawaniu tajników inteligencji ludzkiej, związanej z najbardziej złożonym systemem, jakim jest mózg. Jedną z definicji (podana przez L. Gottfrendsona) jest następująca: *inteligencja to bardzo ogólna zdolność umysłowa, która m.in. obejmuje zdolność rozumowania, planowania, rozwiązywania problemów, myślenia abstrakcyjnego, zrozumienia złożonych kwestii, szybkiego uczenia się oraz uczenia się na podstawie doświadczenia osobistego.* Inni autorzy podkreślają takie jej cechy, jak: zdolność przystosowania się do okoliczności, działań poznawczych, przewidywania rozwoju sytuacji, operowania logiką, budowania metafor.

Inteligencja ma swoje źródło w mózgu człowieka, który rozwijał się u ssaków w procesie ewolucji biologicznej pod wpływem różnych czynników naturalnych i specyficznych – szacuje się, że na każde 100 tys. lat przybywało ok. 1 cm<sup>2</sup> powierzchni mózgu. Porównanie rozwoju sztucznej inteligencji wskazuje, że rozwija się ona tysiące razy szybciej niż biologiczna. Obecnie możliwe jest opracowanie systemów dorównujących najlepszym mistrzom gier, precyzyjne wykorzystywanie technik najlepszych malarzy, optymalizowanie dużych złożonych systemów, zastępowanie projektantów w szeregu działaniach projektowych, planistycznych, decyzyjnych, uczenie się na

podstawie obserwacji, szybkie diagnozowanie chorób lub usterek maszynowych, rozumienie tekstów pisanych i mowy, identyfikowanie obrazów (np. twarzy, celów ataków wojskowych itp.), coraz lepsze tłumaczenia itp.

Aby skutecznie realizować te zadania wykorzystuje się wyniki badań funkcjonalnych mózgu, doskonalą się metody modelowania matematycznego i języki programowania, wykorzystując takie narzędzia jak: systemy eksperckie, sieci neuronowe i bayesowskie, algorytmy genetyczne, wyszukiwanie rekurencyjne.

Inteligencja ludzka stworzyła technologię, której rozwój znacznie przyspieszył i wskazuje na możliwość, że AI w niedługim czasie znacznie przekroczy możliwości ludzkiej inteligencji. Podstawowymi cegiełkami AI są odpowiednio uszeregowane informacje.

Informacja jest pewnym uporządkowanym (w określony sposób) zbiorem danych źródłowych, będących wynikiem obserwacji, pomiarów, analiz, zbiorów statystycznych lub historycznych, dzięki którym obiekt odbierający lub kreujący ją (człowiek, żywy organizm, system techniczny, obiekt automatyczny), może polepszyć swoją znajomość otoczenia i sprawniej przeprowadzić celowe działanie. Komplementarny zbiór informacji z określonej dziedziny stanowi wiedzę użyteczną, stosowaną w różnych technologiach i działaniach. Odpowiednie powiązania elementów wiedzy z różnych dziedzin można nazwać mądrością.

W procesach produkcyjnych następuje przetwarzanie zasobów wejścia, takich jak: materiały, energia, informacja, siła robocza, maszyny i oprzyrządowanie, finanse w gotowe, pożądane wyroby (tzn. produkty materialne, usługi, materiały przetworzone lub wytwory intelektualne).

Informacja zawarta w tych wyrobach jest wkomponowana w każdy wyrób, proces i zjawisko, powodując jego określone funkcjonowanie. Może także stanowić podstawę do podejmowania różnych decyzji przez decydentów lub systemy zautomatyzowane. W związku z powszechnością wykorzystywania informacji do celów praktycznych i abstrakcyjnych przyjęto różnicować ją na informację: strukturalną (opisująca budowę systemów), proceduralną (opisującą sposoby działania), faktograficzną (opisującą stany systemów), normatywną (opisującą reguły i warunki), semantyczną (opisującą znaczenia przypisane obiektom) oraz klasyfikacyjną (wykorzystywaną przy porządkowaniu obiektów).

Przekazywanie informacji przeważnie odbywa się od miejsc, gdzie została ona wykreowana lub jest

przechowywana do miejsc, gdzie zachodzi potrzeba jej wykorzystania za pomocą tzw. kanału informacyjnego (źródło, kodowanie, nadajnik, kanał komunikacyjny, odbiornik, dekodery, użytkownik). Informacja w takim kanale nie powinna ulegać zniekształceniom i aby spełniła oczekiwania odbiorcy powinna być: zrozumiała, aktualna, kompletna, wiarygodna, dokładna, pozbawiona rozwlekłości, powtarzania oraz błędów. Wówczas jest pożądana dla określonego odbiorcy i spełnia jego oczekiwania, tzn. jest w znacznym stopniu subiektywna.

W działalności projektowej i twórczej zachodzi potrzeba zgromadzenia potrzebnej, istniejącej informacji rozproszonej w różnych źródłach (patenty, normy, literatura, eksperci, dane statystyczne i historyczne i in.) oraz wykreowanie nowej, potrzebnej informacji do zrealizowania planowanego zadania, z pomocą badań teoretycznych i eksperymentalnych.

Poszukiwana i potrzebna informacja powinna dotyczyć rozpatrywanego problemu, być obiektywną, pełną, konkretną, przejrzystą i informatywną (tzn. wskazywać na „białe plamy” informacyjne, wymagające wyjaśnień).

W działalności gospodarczej szczególnie użyteczne są informacje o dotychczasowych rozwiązaniach problemu i ewentualnych mankamentach oraz informacje o tendencjach rozwojowych nauki, techniki i rynków w rozpatrywanym sektorze, powiązane z analizowanym problemem. Właściwie dobrane informacje wspomagają działalność decyzyjną naczelnego kierownictwa, działalność planistyczną służb produkcyjnych oraz potrzeby koncepcyjne służb projektowo-rozwojowych.

Współczesne koncepcje rozwojowe preferują wykorzystywanie wiedzy dla intensyfikacji i ekonomizacji procesów produkcyjnych. W praktycznych, konkretnych przypadkach konieczne są określone informacje, których pozyskanie związane jest z kosztami: ekspertów, zakupem licencji lub potrzebnego sprzętu, oprogramowań, potrzebą przeprowadzenia określonych prac badawczo-rozwojowych itp., które można wycenić, zaś ich koszty wkomponować w koszty działalności lub wytwarzanych wyrobów.

Obserwacje ewolucji poszczególnych wyrobów i procesów pozwalają na zaobserwowanie następujących tendencji:

- zmniejszającą się materiałochłonność poszczególnych wyrobów i procesów oraz zastępowanie materiałów deficytowych mniej deficytowymi,
- zmniejszającą się energochłonność wyrobów wraz z poprawianiem się ich sprawności energetycznej,
- wzrastający udział informacji wcześniej istniejących i nowo kreowanych, polepszających funkcjonalność i inne walory użytkowe w wytwarzanych obiektach i zbliżające do optymalnych rozwiązań.

Opracowywane systemy informacyjne i informatyczne mają coraz doskonalsze układy składowe, w których oprócz odpowiednich modeli matematycznych znajdują się rozbudowane układy sterujące i regulacyjne, takie jak:

- pomiarowe, coraz mniejsze i dokładniejsze, mierzące wszelkie zmiany właściwości, stanu, ruchu zachodzące w rozpatrywanym otoczeniu,
- analizujące i dokonujące porównań z założonymi wzorcami lub sytuacjami pożądanymi,
- wzmacniające sygnały pomiarowe do poziomu umożliwiającego zadziałanie układów wykonawczych,
- wykonawcze, realizujące decyzje wygenerowane w układach analizujących.

Postępująca informatyzacja wyrobów i procesów umożliwia relatywną redukcję kosztów, sprzyja doskonaleniu funkcjonalności i rozwojowi zasad zrównoważonego rozwoju oraz powoduje wyraźny wzrost udziału kosztów informacji w całkowitych kosztach wytwarzania.

Wzrost skuteczności i ekonomiczności tych układów jest wspomagany odpowiednimi systemami zarządzania systemami informacyjnymi, których celem jest wykrywanie tzw. luki informacyjnej, tzn. różnicy między tym co organizacja powinna wiedzieć a wiedzą posiadaną.

Niektóre zadania systemów zarządzania są następujące:

- badania potrzeb informacyjnych, prognozowanie trendów rozwojowych, realistyczne planowanie zadań i działalności,
- organizowanie systemów techniczno-obliczeniowych, umożliwiających realizowanie ww. potrzeb,
- kierowanie funkcjonowaniem systemów informacyjnych dla osiągnięcia wyznaczonych celów,
- kontrola realizacji poszczególnych zadań, przeprowadzanie ich ocen i w razie konieczności wprowadzanie odpowiednich korekt,
- zapewnienie bezpieczeństwa funkcjonowania systemów informacyjnych, gdzie pomocne mogą okazać się normy ISO/IEC serii 27000 „Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji” oraz podobnej normy serii 20000 n.t. Technika informatyczna i in.

Dalszy wzrost tych kosztów następuje wskutek tzw. intelektualizacji wyrobów i procesów, polegającej na coraz szerszym wbudowywaniu w te wyroby układów sztucznej inteligencji oraz jej wykorzystywaniu w procesach projektowych, produkcyjnych, marketingowych i planistycznych. Biorąc pod uwagę obecny (wykładniczy i intensywny) wzrost technologiczny, zwłaszcza systemów informacyjnych, informatycznych i sztucznej inteligencji, można przewidzieć, że w niedalekiej przyszłości systemy takie osiągną zdolność samopowieliania i samodoskonalenia. Już obecnie cechy użytkowe wielu wyrobów i procesów determinowane są osiągnięciami robotyki, nanotechnologii, genetyki, technik pomiarowych itp., dzięki którym można je nazwać produktami wiedzy, zaś organizacje je wytwarzające organizacjami uczącymi się lub gospodarującymi wiedzą. Takie kierunki rozwoju wspierane są polityką państw, przepisami prawa, normami technicznymi i zarządzania, wzrastającymi nakładami na prace badawcze podstawowe, stosowane i rozwojowe oraz wzrastającą konkurencyjnością krajów, przedsiębiorstw i wyrobów.

# АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ ЗАГРУЗКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СБОРКИ МЕДИЦИНСКОЙ МИКРОПРОБИРКИ

## *Analysis of technological solutions for designing work loader of the automated assembly line of medical microtubes*

## *Analiza i wybór rozwiązań technicznych przy projektowaniu urządzeń załadowniczych linii automatycznego montażu medycznych mikrorurek*

Вартанов М.В. проф., д.т.н., Гашин Т.А. магистр

---

**А н н о т а ц и я:** В статье рассматривается задача укладки изделия на транспортер для последующей упаковки. Проведен анализ нескольких способов и выбран оптимальный. Была проведена сравнительная оценка качества проекта автоматической линии.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** Автоматическая линия; автоматическая сборка; упорядоченная укладка; транспортер

**A b s t r a c t:** The article deals with the task of putting microtubes on the transporter line for the following packing. Several methods of solving this problem are analyzed with the best one performed. The performance of the automated transfer line is tested.

**К e y w o r d s:** automated transfer line, automated assembly, ordered packaging, transporter

**S t r e s z c z e n i e:** W artykule analizowane jest zadanie włożenia wyrobów na transporterze, celem późniejszego pakowania. Przeprowadzono analizę kilku sposobów i wybrano optymalny. Przeprowadzono również porównawczą ocenę jakości projektu automatycznej linii.

**S ł o w a k l u c z o w e:** linia automatyczna, automatyczny montaż, uporządkowane układanie, przenośnik transportowy

---

В связи с увеличением производства на предприятии ООО «Эйлитон» возникла необходимость автоматизировать сборку изделий (Фото 1). Был разработан сборочный комплекс, а также автомат для упаковки готового изделия.

Предприятие создано на базе отдела проблем развития аналитической и лазерной медицинской техники Всероссийского Научно- Исследовательского института и Испытательного Института Медицинской техники. На протяжении многих лет сотрудники отдела проводили технические испытания оборудования для клиничко-диагностических лабораторий и лазерной медицинской техники.

Одним из видов расходного материала является микропробирка для взятия капиллярной крови.

Для сборки пробирок были разработаны сборочные автоматы, которые, обеспечивают необходимый уровень производительности. Общий вид автоматизированной сборочной линии показан на фото 2.

Три сборочных автомата объединены в линию с помощью транспортера. На транспортере размещён принтер, который наносит на микропробирке необходимую информацию. С транспортера изделия подаются в автомат для упаковки.



Фото 1. Микропробирка для взятия капиллярной крови.  
Photo 1. Microtube for taking capillary blood





Фото 2. Общий вид автоматической линии сборки микропробирок.  
Photo 2. General view of automated assembly line of microtubes

Постановка задачи была следующей: необходимо создать узел снимающий собранные микропробирки со сборочного автомата и укладывающий их на ленту конвейера. Микропробирку необходимо уложить ровно между роликами транспортёра в строго ориентированном положении. Не допускается наличие двух изделий в одном пазе. Осевое положение микропробирки должно точно совпадать с её местом на конвейере (осевое смещение микропробирки  $\pm$ мм). Поверхности, контактирующие с изделием должны быть легкодоступными (для промывки). Также необходимо учитывать, что автоматы стоят по разные стороны конвейера.



Рисунок 1. Желоб с изгибом в вертикальной плоскости  
Fig. 1. Curved guide channel in vertical plane

Изначально планировалось доставлять пробирки по желобу с изгибом в вертикальной плоскости и трафаретным вырезом непосредственно на ленту (Рисунок 1) [1]. При таком варианте планировалось синхронизировать движение конвейера и все три сборочных автомата между собой для раскладки изделий в определённые места на конвейере. От такого способа пришлось отказаться ввиду дороговизны и сложности синхронизации, а также сложности расчета векторов действий сил в момент контакта изделия с роликом транспортёра [2].

Было принято решение разбить узел на два функциональных элемента. Первый элемент отвечает за съём микропробирки со сборочного автомата и вторичную ориентацию. Второй за укладку изделия на ленту. В качестве первого элемента рассматривались следующие варианты:

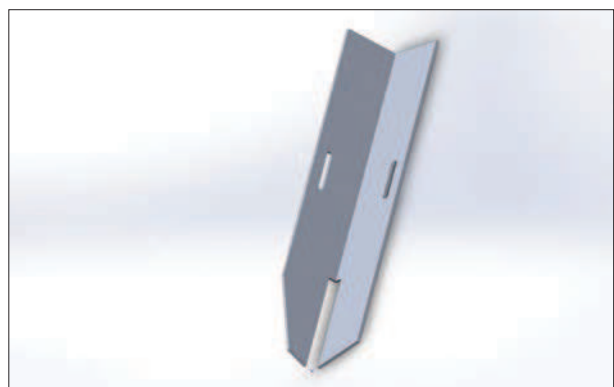


Рисунок 2. Желоб с трафаретным вырезом  
Fig. 2. Guide channel with stenciled notch



Рисунок 3. Желоб с изгибом в горизонтальной плоскости  
Fig. 3. Curved guide channel in horizontal plane

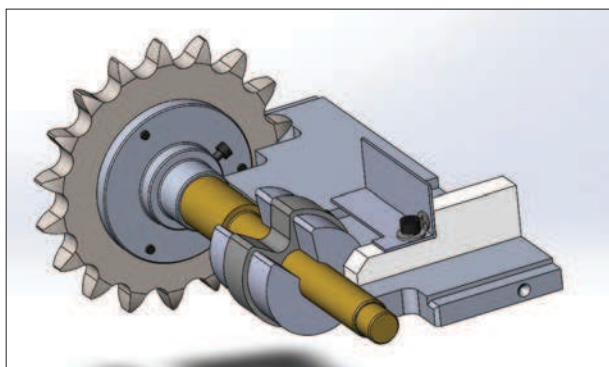


Рисунок 4. Барабан отбора микропробирки  
Fig. 4. Reel of microtube's picking

- Желоб с изгибом в вертикальной плоскости (Рисунок 1).
- Желоб с трафаретным вырезом (Рисунок 2).
- Желоб с изгибом в горизонтальной плоскости (Рисунок 3).
- Камера переворота пробирок.

В качестве элемента, отвечающего за укладку микропробирок на ленту, рассматривали следующие варианты:

- Бункер с выпадением пробирок по шторке;
- Бункер с отслеживанием свободных пазов по датчику;
- Площадка отбора пробирки барабаном (Рисунок 4).

В качестве первого элемента был выбран вариант желоба с трафаретным вырезом, как самый простой в реализации. В качестве второго был испытан вариант выкладки микропробирок по шторке, но от него пришлось отказаться по причине низкой надёжности. Следующим решением рассматривался узел, где пробирку подхватывает барабан, который приводится в движение цепью конвейера. При таком варианте выкладка ведётся точно в «зарезервированный» паз. Также при использовании такого варианта возможно сохранение ограничения подвижности изделия максимально долго. При данном решении пробирка находится под контролем непосредственно до точки выкладки и не может лечь в паз неровно.

Морфологический анализ, проведённый по методике ТРИЗ [3] подтвердил правильность выбора.

Задача была решена следующим образом. Микропробирка со сборочного автомата попадает на желоб с трафаретным вырезом под капилляр (Рисунок 5 позиция 1). Выпадая на площадку (позиция 2), изделие тормозит об упор (позиция 3) и скатывается к барабану. Попадая в паз на барабане (позиция 4), изделие скользит по направляющим к «точке сброса», ограниченная в осевом смещении щёчками (позиция 5).

В настоящее время данный узел находится в экспериментальной эксплуатации в составе автоматической линии. Линия функционирует в режиме опытной эксплуатации. Проводятся уточняющие расчёты производительности и надёжности.

В соответствии с рекомендациями, изложенными в [4] была проведена сравнительная оценка качества проекта автоматической линии. Для выбранных 6 характерных данной линии критериев были подобраны характерные параметры (или коэффициенты). Каждый параметр показывает степень исполнения рассматриваемого критерия численно по пятибалльной шкале. Так балл 1 отвечает нежелательным ситуациям; балл 3 отвечает ситуациям, которые в условиях организации являются приемлемыми; балл 5 отвечает ситуациям идеальным. Были выбраны следующие критерии оценки линии:

1. *Степень автоматизации установки и необходимость рабочего для обслуживания.* Линия находится в опытной эксплуатации и поэтому требует постоянного контроля со стороны оператора. В ходе наблюдений за работой системы (линии с операторами) было выявлено, что доля времени, приходящаяся на обслуживание данной установки, у оператора составляет примерно половину. Исходя из вышеперечисленных данных, оценка составляет 3 балла.
2. *Время автономной работы.* Линия, находясь в экспериментальном обслуживании, находится под постоянным контролем наладчика. Наладчик подстраивает неудовлетворительные элементы и обеспечивает удовлетворительное качество сборки в реальном времени. Доля времени простоев линии для подналадки примерно равна половине часа на две смены. Таким образом, время автономной работы оценивается 4-мя баллами.
3. *Качество проведения сборочных работ* оценивали по количеству некачественных сборок на одну смену работы линии. За время экспериментальной эксплуатации линии не было выявлено дефектов сборки. Все пробирки собраны в соответствии с требованиями, которые к ним предъявляются. Оценка по этому параметру составляет 5 баллов.
4. *Общее время обслуживания установки.* Длительность плановых простоев линии на две смены составляет 1 час 20 минут. За это время происходит

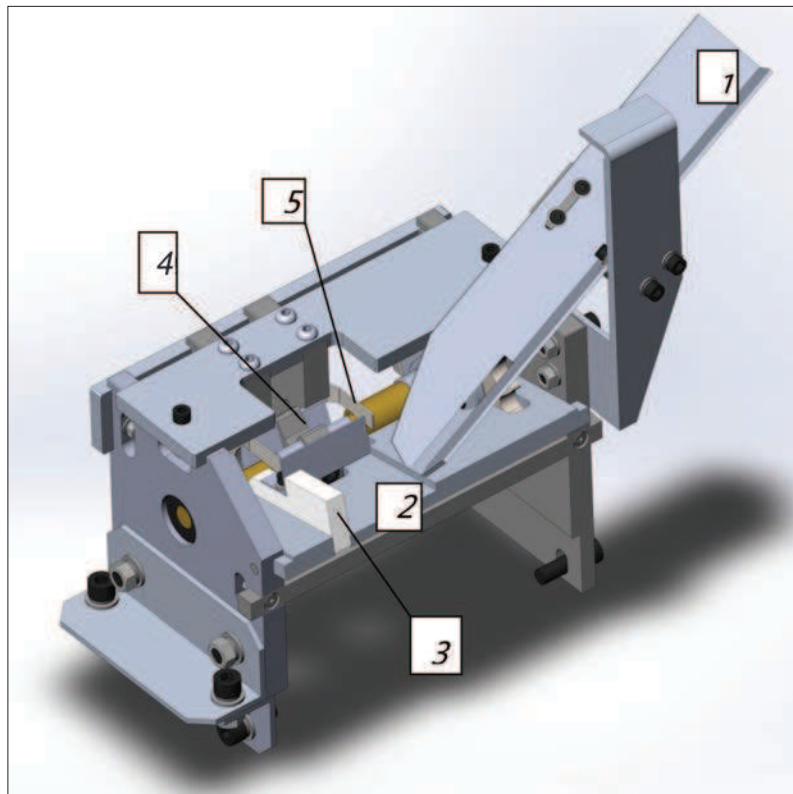


Рисунок 5. Узел укладки микропробирки на ленту конвейера  
Fig. 5. Part element of microtube packaging on transporter line

подготовка линии к работе, загрузка электронных устройств в начале смены и промывка (чистка) линии после смены, а также пересмена. Числовая характеристика составляет 4 балла.

5. *Степень стандартизации линии высока.* 90% элементов установки – стандартные или покупные элементы. Оценка – 5 баллов.
6. *Экологические свойства установки.* Линия изначально проектировалась как полностью экологичная установка. Нежелательные выбросы в атмосферу исключены. Вибрации не превышают стандартных норм. Такое проектирование было вызвано задачей минимизировать расходы на обслуживающий персонал. Оценка экологичности составляет 5 баллов.
7. Оценка возможности адаптивной оптимизации параметров собираемого узла проводилась с учетом возможных изменений параметров собираемого изделия. При первоначальном проектировании было необходимо учитывать, что внешний вид изделия до конца не утверждён. Изделие возможно видоизменять без дополнительных затрат на сборочные автоматы. Оценка выставлялась исходя из того, что не все параметры изделия можно изменить и составила 5 балла.

По выбранным критериям было выполнено сравнение действительной линии с условной идеальной линией. Проведенная оценка указывает, по каким критериям настоящая линия отстаёт от идеальной

и фиксирует моменты, которые требуют доработки в будущем. Общая оценка линии составляет – 4 балла. Ведутся доработки, влияющие на автономность и надёжность работы линии.

#### Библиографический список

- [1] Вартанов М.В., Гашин Т.А. Выбор метода упорядоченной укладки микропробирки для взятия капиллярной крови на ленту транспортёра. //Материалы IV международного научно-технического семинара «Современные технологии сборки»: сборник (Москва, 22-23 октября 2015г.)/Университет машиностроения. – М., МГИУ, 2015, с. 36–38.
- [2] Технология автоматической сборки. Под ред . А.Г. Холодковой. Машиностроение, М., 2010. – 567с.
- [3] Альтшуллер Г.С. Найти идею – Новосибирск, 1991.
- [4] Ежи Лунарски. Сравнительная оценка качества автоматических сборочных установок. //Материалы IV международного научно-технического семинара «Современные технологии сборки»: сборник (Москва, 22–23 октября 2015г.)/Университет машиностроения. – М., МГИУ, 2015, с. 90–94.

Prof. dr hab. inż. Wartanow M.W. – Moskiewski Państwowy Uniwersytet Budowy Maszyn (MAMI), e-mail: itpm@mami.ru,

Inż. Gaszin T.A. – Moskiewski Państwowy Uniwersytet Budowy Maszyn (MAMI)

# KONSTRUKCJA CHWYTAKA Z KONTROLĄ SIŁY CHWYTU W CZASIE RZECZYWISTYM

## *Construction of the gripper with strength control in real-time*

Arkadiusz PIETROWIAK, Olaf CISZAK, Marcin MROCZYK, Mikołaj JACKÓW

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono koncepcję oraz projekt chwytaka z kontrolą siły trzymania w czasie rzeczywistym. Szczegółowo opisano poszczególne etapy procesu projektowania. Przybliżono proces wykonania oraz opisano napotkane problemy wraz z ich rozwiązaniem. Przedstawiono zasadę oraz algorytm działania zaprojektowanego chwytaka. Zaprezentowane zostały także charakterystyki pracy urządzenia pracującego jako chwytak robota przemysłowego.

**Słowa kluczowe:** chwytak, robot przemysłowy, kontrola siły, PLC

**Abstract:** In paper was presented the concept and design of the gripper control holding force in real time. It describes in detail the various stages of the design process. It brought closer the process of execution and describes the problems encountered with their solution. It also presents the principle and algorithm of actions designed gripper. There were also presented operating characteristics of the device working as an industrial robot gripper.

**Keywords:** gripper, robot, strength control, PLC

### Wprowadzenie

Zgodnie z szacunkami Międzynarodowej Federacji ds. robotyki w latach 2015–2018 na rynek trafi aż 1,3 mln robotów przemysłowych. Jest to efekt rosnącego zapotrzebowania na roboty przemysłowe i ich coraz szerszego zastosowania w przemyśle (Industry 4.0). Tylko w latach 2013–2014 zanotowano wzrost sprzedaży robotów o 43% [1]. Stosowanie robotów niesie za sobą poprawę jakościowych i wydajnościowych parametrów procesów przemysłowych, w zakresie nieosiągalnym dla procesów realizowanych przy użyciu zasobów ludzkich. Roboty najczęściej zastępują człowieka w procesach spajania, tj. zgrzewania, spawania lub klejenia. Na drugim miejscu pod względem zastosowania znajdują się procesy związane z szeroko rozumianą manipulacją obiektami, tj. procesy paletyzacji, obsługi maszyn oraz montażu.

Pod względem możliwości ruchowych, umiejętności orientacji elementów w przestrzeni i wiążących się z tym parametrów dokładności i powtarzalności, roboty przemysłowe od dawna dysponują możliwościami większymi od człowieka. Do tej pory nie udało się jednak zbudować chwytaka, który możliwościom odpowiadałby parametrom ludzkiej ręki. Ruchliwość tej części ciała wynosi aż 22 [2]. Dla porównania, najprostsze, lecz najczęściej stosowane chwytaki dla robotów przemysłowych odznaczają się ruchliwością na poziomie 1-3. W zależności od zapotrzebowania w chwytaku może pojawić się ich więcej. W największej mierze uzależnione jest to od kształtu, materiału i właściwości powierzchni orientowanego przedmiotu. W samym procesie chwytu można wyróżnić następujące czynności w stosunku do obiektu manipulacji [3]:

- zbliżenie się,
- wejście w kontakt,

- zabezpieczenie,
- zadziałanie siłą,
- przemieszczenie,
- zwolnienie.

Aby zredukować niekorzystny wpływ małych zdolności ruchowych projektowanych chwytaków, coraz częściej wprowadza się do procesu chwytania także czynności związane z monitoringiem. Pod tym pojęciem należy rozumieć wszystkie formy monitorowania działania chwytaka w czasie rzeczywistym, tj. np. sprzężenia zwrotne siłowe lub prędkościowe. Samo wprowadzenie sprzężenia zwrotnego wymaga najczęściej niewielkich zmian w budowie chwytaka, a większych w warstwie sterowania. Można jednak w ten sposób znacząco zwiększyć możliwości zastosowania urządzenia o bardziej precyzyjnej aplikacji.

### Podjęty problem

Budowa i sposób działania chwytaków dąży najczęściej do ich specjalizacji na potrzeby danego zadania. Ujęcie kryterium monitoringu w aspekcie projektowania chwytaka pozwala jednak na wzrost uniwersalności takiego urządzenia. W artykule opisano zadanie budowy prostego chwytaka o jednej osi ruchomej i prostym kształcie szczepek. Dzięki wprowadzeniu odpowiednich modyfikacji w konstrukcji podjęto próbę zwiększenia możliwości tego urządzenia.

Wyjściowym założeniem projektu było umożliwienie uchwycenia obiektów o zróżnicowanej geometrii i właściwościach fizycznych. Próby rozwiązania tego problemu podjęto przez wprowadzenie siłowego sprzężenia zwrotnego w układzie napędowym chwytaka. Odpowiednia budowa układu sterowania miała w tym wypadku zapewnić

sterowanie siłą chwytu w czasie rzeczywistym. Konstrukcja chwytaka opiera się na układzie chwytym z dwiema sztywnymi szczękami. Chwytnik zaprojektowany został dla przenoszenia elementów mieszczących się w rozstawie szczęk 20–100 mm i masie nie większej niż 0,5 kg.

### Budowa chwytaka

Przed przystąpieniem do prac konstrukcyjnych dokonano analizy i wybrano sposób działania chwytaka. W literaturze można znaleźć gotowe przykłady sposobów przeniesienia napędów dla chwytaków z dwoma szczękami [4]. Po analizie dostępnych rozwiązań wytypowano konstrukcje o przeniesieniu napędu w następujących układach: nożycowym, zębatym, klinowym i ciągnowym.

Jako główne kryterium wybrano prostotę działania i łatwość wykonania chwytaka w wybranym wariantcie. W oparciu o przyjęte kryteria wybrano układ ciągnowy. Oprócz spełnienia założeń projektowych zapewnia on także liniowy ruch szczęk chwytaka, który jest bardziej odpowiedni ze względu na równomierny rozkład sił w części chwytnej. Budowa układu zamykania szczęk w oparciu o mechanizm ciągnowy pozwala na zwiększenie dopuszczalnej tolerancji wykonania poszczególnych elementów konstrukcji. Możliwe jest to dlatego, że ewentualne luzy i niedokładności wymiarowe rozstawu osi można regulować napięciem pasa.

### Konstrukcja mechaniczna układu przeniesienia napędu i układu chwytnego

Ze względu na masę i rozmiary całego chwytaka, wszystkie możliwe części składowe urządzenia wykonano z aluminium 2017A. Prowadnice wykonano ze stali węglowej hartowanej i szlifowanej. Podstawą zaprojektowanego chwytaka jest płyta aluminiowa, której zadaniem jest przenoszenie obciążeń powstających w trakcie pracy. Jednocześnie stanowi ona także bazę montażową dla pozostałych elementów. Do podstawy chwytaka przykręcone są ściany boczne, które stanowią punkt podparcia dla prowadnic liniowych. W tym wypadku zastosowano prowadnice współpracujące z łożyskami liniowymi. Ich celem jest przenoszenie obciążeń i zapewnienie prostoliniowości prowadzenia szczęk chwytaka.

W konstrukcji przetestowano także układ zbudowany w oparciu o łożyska ślizgowe. Za zastosowaniem tego typu łożysk przemawiał ich znacznie mniejszy rozmiar oraz mała wartość luzu w trakcie prowadzenia. Niestety powstający w trakcie pracy moment gnący powodował wzrost tarcia i ciągle przechodzenie od tarcia kinetycznego do statycznego. To z kolei skutkowało znacznymi stratami energetycznymi na silniku i małą płynnością ruchów. Z tych też względów po przetestowaniu tego rozwiązania uznano je za niewłaściwe.

Ze względu na niewielkie siły, wynikające z małej masy transportowanego przez chwytak materiału koło pasowe napędzające zamontowano bezpośrednio na wale silnika. Do tego celu zastosowano tuleję rozprężno-zaciskową,

przenoszącą moment w sposób cierny. Moment z koła pasowego na elementy wykonawcze przenoszony jest również drogą cierną – za pośrednictwem pasa zębatego, dociśniętego do elementu wykonawczego za pomocą zaślepki. Koło napędzane osadzone na wale biernym łożyskowano na dwóch łożyskach poprzecznych kulowych.

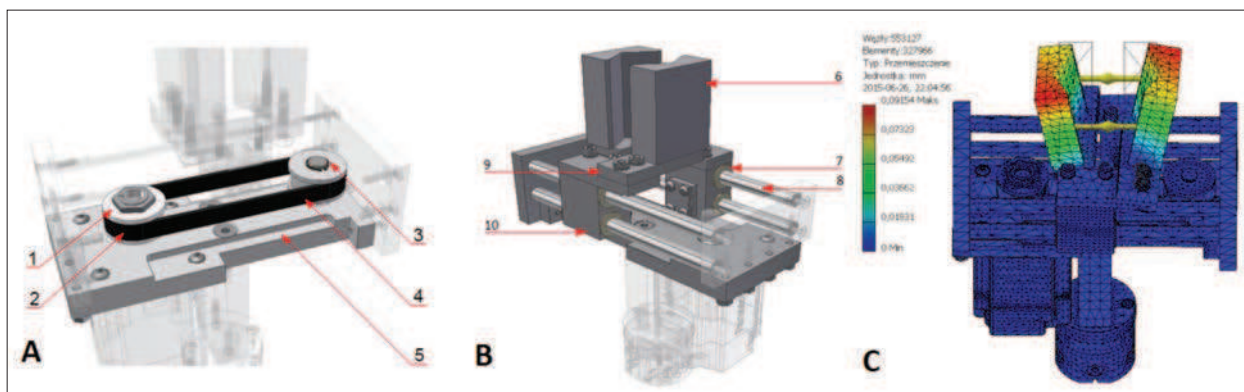
Układ chwytym zaprojektowano w taki sposób, aby zapewnić współpracę z elementami manipulacji o różnych kształtach geometrycznych. Z tego względu elementy wykonawcze chwytaka wyposażono w równoległe względem siebie powierzchnie płaskie oraz rowki pryzmatyczne. Dla zmniejszenia rozmiarów chwytaka do kości ślizgowych zamontowano wysięgniki, które umożliwiały mijanie się naprzeciwległych elementów ruchomych. Dodatkowym atutem takiego rozwiązania jest ułatwienie montażu chwytaka przez umożliwienie szybkiej wymiany szczęk (nakładek chwytających).

Poprawną pracę urządzenia gwarantuje jedynie dobrze wyregulowany układ ciągnowy. W tym wypadku zrezygnowano ze stosowania napinaczy, a regulacja luzu może odbywać się podczas montażu silnika – śruby montażowe osadzone są w powiększonych otworach. Gniazdo mocujące kiść robota przeniesiono na ramię ponad silnik. Zabieg ten umożliwia swobodny obrót ramienia robota w dowolnym kierunku, nie powodując kolizji z silnikiem serwo. Układ przeniesienia napędu oraz układ chwytym przedstawiono na rys. 1. Podczas projektowania konstrukcji w celu sprawdzenia poprawności obliczeń posłużono się również metodą elementów skończonych.

### Układ sterowania chwytaka

W przypadku budowy chwytaka, umożliwiającego regulację siły w czasie rzeczywistym, budowa właściwego układu sterowania, pozwalającego na spełnienie tych założeń jest zadaniem ważniejszym niż sam układ przeniesienia napędu. Pod pojęciem układu sterowania rozumie się w tym przypadku sam sterownik i elementy sensoryki oraz układy wykonawcze pod postacią silnika. Zadanie pomiaru siły dla projektowanego chwytaka można było rozwiązać na dwa sposoby. Pomiar w sposób bezpośredni zakładał kontrolę nacisku z użyciem tensometrów umieszczonych na elementach chwytym – czyli w miejscu bezpośredniego oddziaływania siły. Stosowanie tensometrów w pewien sposób ograniczyłoby jednak zakres temperatur stosowania chwytaka – choć oczywiście można temu zapobiec, wprowadzając kolejne, temperaturowe sprzężenie zwrotne. Ponadto układ taki byłby wrażliwy na ewentualne uszkodzenia części chwytym i tym samym tensometru, co mogłoby spowodować niepoprawne działanie chwytaka.

Biorąc pod uwagę wady wynikające ze stosowania elementów tensometrycznych zdecydowano się na pośredni układ pomiaru siły. W tym wypadku pomiarowi podlega jedynie moment obrotowy serwosilnika. Silnik ma możliwość płynnej kontroli momentu obrotowego, dzięki pomiarowi poboru prądu przez silnik w czasie rzeczywistym. Zależność pomiędzy siłą zacisku szczęk



Rys. 1. Układ przeniesienia napędu (A), układ chwytny (B) i analiza wytrzymałościowa (C): 1 – koło napędzające, 2 – tuleja zaciskowo-rozprężna, 3 – wałek napędzany, 4 – pas napędowy, 5 – płyta podstawy, 6 – element chwytny, 7 – łożysko ślizgowe, 8 – wałek prowadzący, 9 – ramiona mocujące szczękę do kości prowadzącej, 10 – obudowa łożysk

Fig. 1. Drive transmission layout (A), a grip (B) and strength analysis (C): 1 – the driving wheel, 2 – sleeve crimped expansion, 3 – driven shaft, 4 – drive belt, 5 – the base plate, 6 – capture element, 7 – plain bearing, 8 – guide roller, 9 – jaws holding arms, 10 – bearing case

a momentem obrotowym silnika wyznaczana jest w takim przypadku empirycznie. Wyznaczoną w trakcie testów zależność między momentem silnika a siłą chwytu przedstawiono na rys. 2. Wzór opisujący wyznaczoną zależność został zaimplementowany w układzie sterowania urządzenia (rys. 3).

Właściwe działanie tego typu chwytaka wymaga odpowiednio zaprojektowanego układu sterowania (rys. 3). Na potrzeby realizacji ww. funkcji układ ten wyposażono w następujące elementy spełniające określone zadanie:

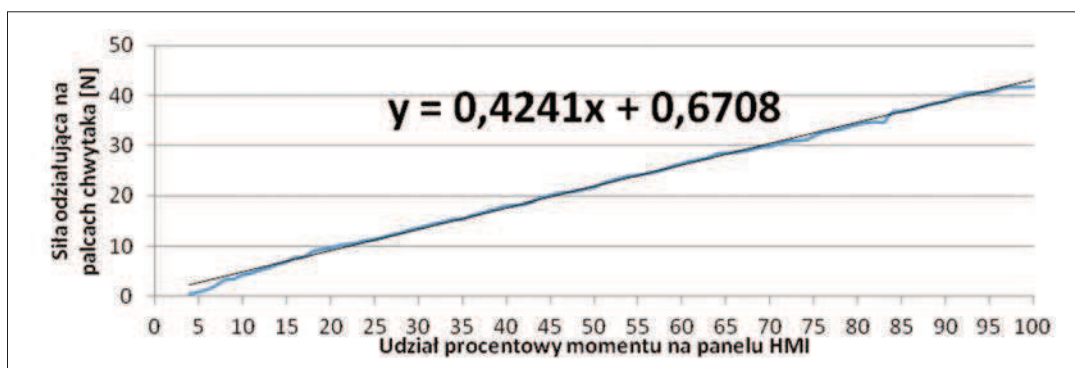
- silnik Serwo – element wykonawczy,
- sterownik silnika – kontrola momentu, zasilanie i sterowanie napędem,
- czujnik indukcyjny typu PNP – kontrola położenia końcowych szczęk chwytaka,
- sterownik PLC SIMATIC S7-1200 1214DC/DC/DC – wykonywanie zdefiniowanego algorytmu sterującego, zadawanie sygnałów analogowych sterujących momentem silnika, komunikacja z robotem,
- panel operatorski – do obsługi chwytaka na etapie testów oraz wyświetlania przeliczonej, aktualnej wartości siły,
- przekaźniki – komunikacja z robotem.

Na potrzeby testów chwytaka wymiana danych z robotem odbywała się z użyciem sygnałów cyfrowych. Skutkowało to niemożliwością regulacji siły w pełnym zakresie. Dostępna była jedynie pewna ilość dyskretnych wartości siły, w ilości odpowiadającej liczbie 2, w potęgę równej liczbie zastosowanych przekaźników, czyli  $2^4 = 16$ . Uproszczony układ sterowania przedstawiono na rys. 3.

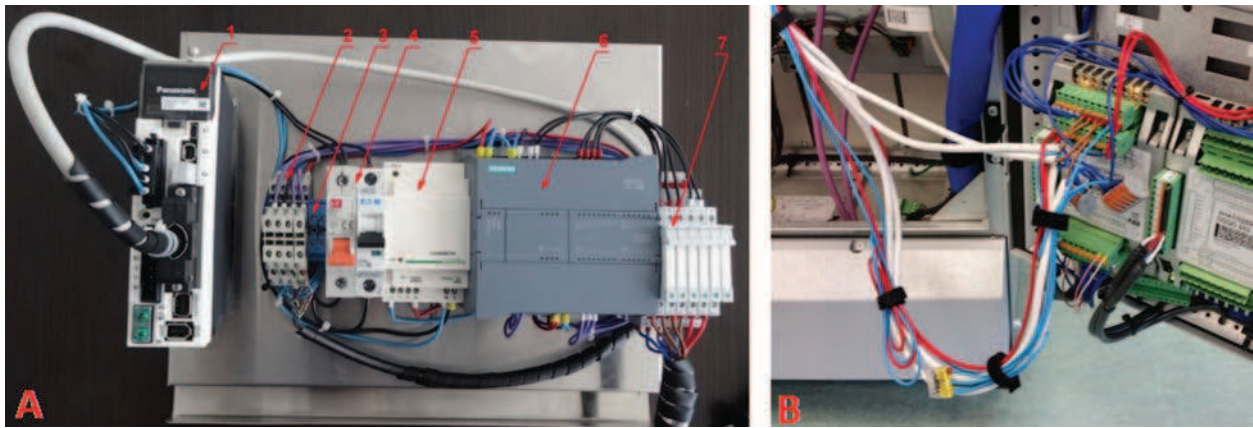
Na rys. 4 przedstawiono wykonany chwytak wraz z interfejsem przyłączeniowym oraz chwytak w trakcie pracy, zamocowany w kłasi robota.

## Podsumowanie

Zaprojektowana konstrukcja jest uniwersalnym narzędziem chwytym, łączącym zalety chwytu siłowego i kształtowego. Dodatkowymi atutami jest m.in. możliwość szerokiego zakresu regulacji rozwarcia szczęk chwytaka oraz płynnej regulacji obrotowego, a w konsekwencji siły trzymania. Możliwość wymiany elementów chwytymych urządzenia na końcówki o innym profilu zapewnia łatwe dopasowanie do kształtu i wymiarów orientowanego przedmiotu. Dzięki zastosowaniu niewielkiego silnika z kontrolerem typu serwo udało się

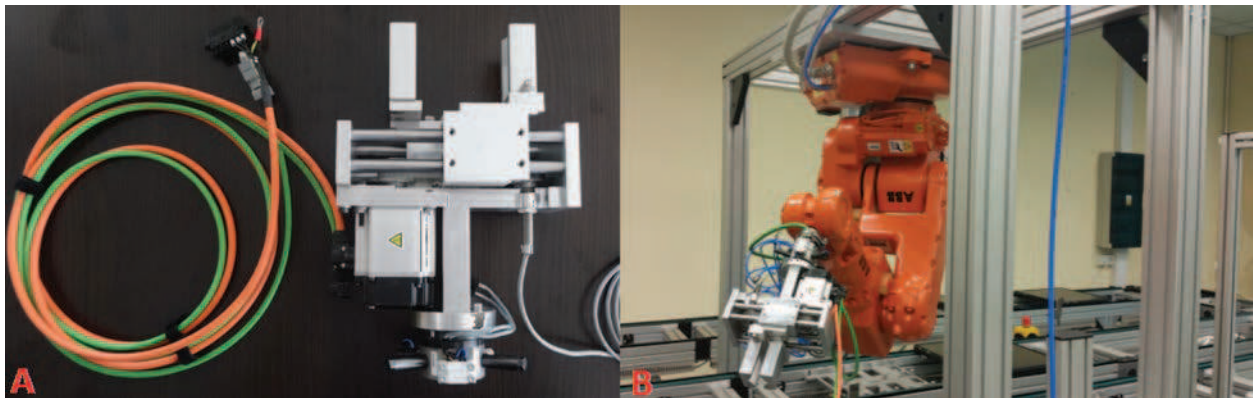


Rys. 2. Wykres zależności między siłą zadaną a zmierzoną  
Fig. 2. Relationship chart between the set and measured strength



Rys. 3. Układ sterujący pracą chwytaka (A) i podłączenie do sterownika robota ABB Irb 140T (B): 1 – sterownik silnika, 2 – złącza sterujące, 3 – złącza zasilające, 4 – wyłączniki nadmiarowo-prądowe, 5 – zasilacz impulsowy, 6 – sterownik PLC, 7 – przekaźniki układu matrycowego

Fig. 3. Controlling system of the gripper (A) and connection to the ABB IRB 140T robot controller (B): 1 – motor controller, 2 – control terminals, 3 – power connectors, 4 – overcurrent protection, 5 – power supply, 6 – PLC, 7 – matrix relays



Rys. 4. Zaprojektowany chwytak (A) i chwytak zamontowany w kiści robota (B)  
Fig. 4. Designed gripper (A) and a gripper mounted on a robot wrist (B)

znacząco zwiększyć możliwości aplikacyjne zaprojektowanego chwytaka. W przypadku konkretnych aplikacji można zrezygnować z układu pośredniczącego w postaci sterownika PLC i realizować komunikację w układzie bezpośrednim Robot-Sterownik Silnika Serwo. Co również istotne, układ taki po przeprowadzeniu początkowej kalibracji zachowuje swoje właściwości chwytne w czasie. Dodatkowo zwiększa to pewność jego stosowania – szczególnie w wymagających aplikacjach. Jak z kolei wykazano – budowa i sposób działania tego typu chwytaka są stosunkowo proste do zrealizowania. Dodatkowo układ taki z powodzeniem może zastępować droższe, specjalizowane konstrukcje.

#### LITERATURA

- [1] Buśkiewicz J. „Podstawy konstrukcji w protetyce”, [http://etacar.put.poznan.pl/~jacek.buskiewicz/dydaktyka/bi/Konspekt\\_IB\\_W01.pdf](http://etacar.put.poznan.pl/~jacek.buskiewicz/dydaktyka/bi/Konspekt_IB_W01.pdf), dostęp 1.04.2016.
- [2] Fantoni G. i in. 2006. “Grasping devices and methods in automated production processes”. CIRP Annals – Manufacturing Technology (63): 679–701.

- [3] Survey: 1.3 million industrial robots to enter service by 2018, <http://www.ifr.org/home/>, dostęp 10.04.2016.

Mgr inż. Arkadiusz Piotrowiak – Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: [arkadiusz.piotrowiak@put.poznan.pl](mailto:arkadiusz.piotrowiak@put.poznan.pl)

Dr hab. inż. Olaf Ciszak – Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: [olaf.ciszak@put.poznan.pl](mailto:olaf.ciszak@put.poznan.pl)

Mgr inż. Marcin Mroczyk – Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: [marcin.mroczyk@wp.pl](mailto:marcin.mroczyk@wp.pl)

Mgr inż. Mikołaj Jacków – Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: [mikolaj.jackow@gmail.com](mailto:mikolaj.jackow@gmail.com)

# POŁĄCZENIA SPAWANE KORPUSÓW OBRABIAREK LEKKICH I MOBILNYCH ORAZ INNE CECHY KONSTRUKCYJNE TYCH MASZYN

## *Welded joints machine bodies lightweight and mobile, and other design features*

Tadeusz KOWALSKI, Leszek WALKIEWICZ

**Streszczenie:** W artykule omówiono cechy maszyn lekkich i mobilnych, a także porównano konstrukcję korpusów spawanych i odlewanych. Opisano także czynniki mające wpływ na koszty produkcji. Kolejne zagadnienia to zakres zastosowania oraz umiejscowienie maszyn lekkich w gniazdach i liniach produkcyjnych oraz przykład konstrukcji frezarki lekkiej BAŁ do obróbki przedmiotów o niewielkich rozmiarach.

**Słowa kluczowe:** mobilność, korpusy spawane, korpusy odlewane

**Abstract:** The paper describes:

- design features of machines light and mobile,
- minimizing the cost of production machinery of light on the example of welded bodies,
- comparison of the structure of bodies welded and cast,
- scope and location of the machines in the light sockets and production lines,
- example design milling light BAŁ for workpieces with small dimensions.

**Keywords:** mobility, welded bodies, iron casting

### Cechy maszyn lekkich i mobilnych

Ze względu na konieczność dostosowania konstrukcji maszyn do aktualnych potrzeb zakładów produkcyjnych, istnieje tendencja do konstruowania maszyn o niewielkich wymiarach i niezbyt ciężkich. Muszą one wyróżniać się:

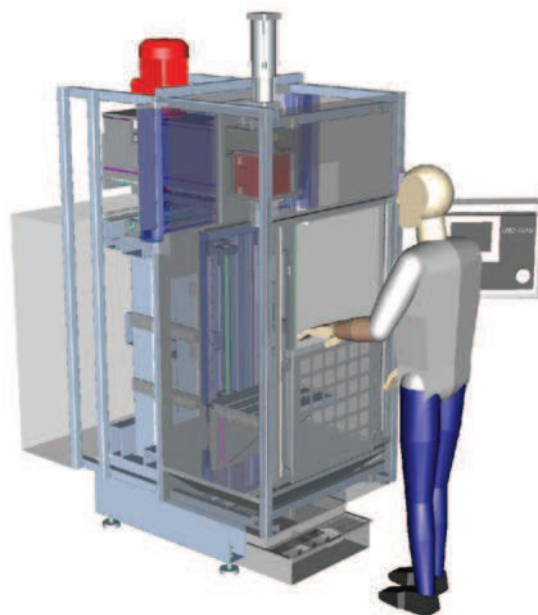
- niewielkimi gabarytami, umożliwiającymi łatwy transport, np. przez rozmiar typowych drzwi przemysłowych,

- konstrukcją (masą), dostosowaną do bezpiecznego transportu przez typowe wózki widłowe ogólnego przeznaczenia,
- zdolnością tłumienia drgań, stabilnością całej maszyny,
- ergonomią,
- ekonomią produkcji i eksploatacji.

Maszynami o takich cechach są: tokarka OSA (rys. 1) oraz frezarka BAŁ (rys. 2). Praktycznym przykładem jest również mała obrabiarka TRAK 2<sup>OP</sup> (rys. 3).



Rys. 1. Tokarka CNC OSA100 [1]  
Fig. 2. Lathe CNC OSA100 [1]



Rys. 2. Frezarka BAŁ  
Fig. 2. Milling machine BAŁ





Rys. 3. Frezarka TRAK 2<sup>OP</sup> M10 Mill podczas transportu [2]  
Fig. 3. Milling machine TRAK 2<sup>OP</sup> M10 Mill during transport [2]

### Wymagania stawiane korpusom spawanym stosowanym w produkcji maszyn lekkich

Korpusy spawane stosowane są głównie w konstrukcji maszyn produkowanych jednostkowo i małoseryjnie. Do ich zadań należy utrzymywanie części i zespołów konstrukcyjnych w ustalonym położeniu oraz przejmowanie obciążeń wynikających z pracy obrabiarki. Korpus jest członem nieruchomym, nazywanym w teorii mechanizmów podstawą, a w montażu maszyn jednostką bazową. W skład obrabiarki może wchodzić kilka różnych korpusów, lecz wyodrębnia się korpus główny, będący podstawową konstrukcją nośną. Ze względu na proporcje wymiarowe korpusy dzieli się na trzy grupy [3]:

- pryzmatyczne pręty proste – wymiar długości jest znacznie większy od wysokości i szerokości,
- płyty – dwa wymiary są znacznie większe od trzeciego,
- skrzynie – trzy wymiary mają wartości tego samego rzędu.

Wymagania stawiane korpusom:

- niezmienność kształtów i wymiarów korpusów oraz wzajemnych połączeń,
- dobór odpowiednich materiałów i obróbki cieplnej (odprężanie), uodpornienie powierzchni przewodniczących na zużycie,
- dostateczna sztywność statyczna i dynamiczna, odkształcenie układu OUPN (obrabiaarka – uchwyt – przedmiot – narzędzie) na skutek dopuszczalnych obciążeń w czasie pracy,
- odporność na drgania i dobre właściwości tłumienia drgań,

- uzyskanie dużej sztywności i prawidłowe rozmieszczenie głównych osi bezwładności, dobór odpowiedniego materiału,
- ergonomia konstrukcji obrabiarki,
- dobre odprowadzenie wiórów,
- możliwość rozmieszczenia w ich wnętrzu modułów i urządzeń obrabiarki,
- konstrukcja zorientowana na montaż, demontaż i transport,
- jak najmniejszy ciężar.

Tradycyjnie korpusy obrabiarek odlewa się z żeliwa szarego albo modyfikowanego. Zalety jakie się uzyskuje to:

- możliwość otrzymania skomplikowanych kształtów,
- łatwość obróbki mechanicznej,
- dobre właściwości tłumienia drgań, wynikające z dużego tarcia wewnętrznego materiału,
- stosunkowo niskie koszty przy produkcji seryjnej.

Po odlaniu korpusy żeliwne poddaje się wyżarzaniu odprężającemu, oskórowaniu podstawowych powierzchni ustalających, a następnie sezonowaniu. Ten sposób postępowania stabilizuje kształty i wymiary odlewów.

Ustrój obrabiarki, czyli układ nośny, składa się z kilku połączonych korpusów. Układy nośne mogą być otwarte – belkowe lub zamknięte – ramowe. Korpusy wiąże się śrubami z naciskiem jednostkowym, wynoszącym co najmniej 0,015 [N/m<sup>2</sup>]. Do ustalenia złączy stosuje się kołki, płaszczyzny oporowe lub prowadnice.

Orientacyjne zalecenia grubości ścian korpusów odlewanych [2]: obrabiarki lekkie – 12 do 16 [mm], obrabiarki średnie – 18 do 22 [mm], obrabiarki ciężkie – 25 do 35 [mm].

We współczesnych konstrukcjach korpusów spawanych obrabiarek małych i średnich stosuje się grubości blach 4-8 [mm] i grubości żeber 3-5 [mm], a w obrabiarkach ciężkich stosuje się grubości blach 10-20 [mm].

Korpusy spawane [4] w porównaniu z żeliwnymi są dwukrotnie lżejsze przy zachowaniu tej samej sztywności. Moduł sprężystości stali jest od 1,8 do 2,4 razy większy od modułu sprężystości żeliwa. Koszty korpusów spawanych mogą być niższe w konstrukcjach obrabiarek produkowanych pojedynczo lub w małych seriach. Ustępują pod względem tłumienia drgań i ich kształt powinien być nieskomplikowany. Poprawę właściwości tłumienia drgań korpusów spawanych można uzyskać przez: żebrowanie, stosowanie spoin pachwinowych oraz węzłów pochłaniających drgania, np. pakiety blach spawanych pod naciskiem.

### Zakres zastosowania oraz umiejscowienie maszyn lekkich w gniazdach i liniach produkcyjnych

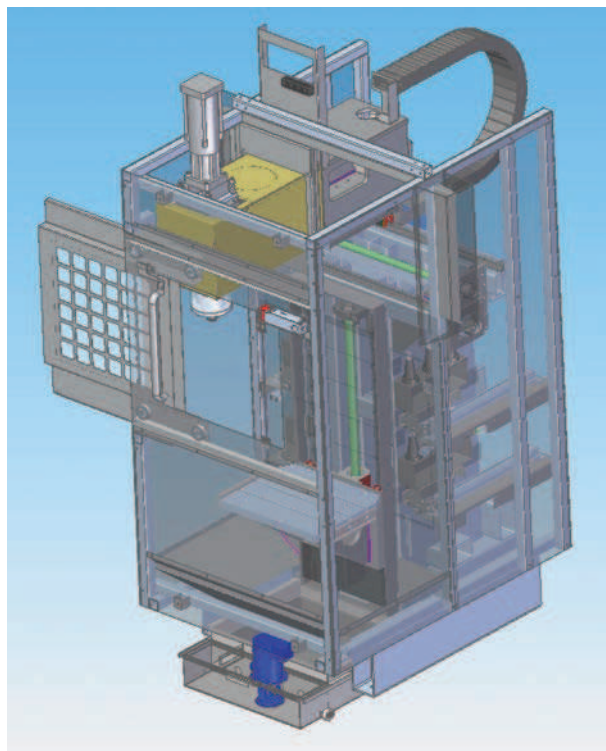
Istotną zaletą opisywanych maszyn jest wszechstronność ich zastosowania ze względu na organizację przebiegu procesu technologicznego. Ustawienie maszyn na hali produkcyjnej można zrealizować przy użyciu tych maszyn w następujący sposób:

- punktowy – przy koncentracji wykonywanych zabiegów technologicznych,
- gniazdowy:
  - gniazdo przedmiotowe – zgodnie z przebiegiem procesu technologicznego podobnych przedmiotów obrabianych występują obrabiarki różnego typu,
  - gniazdo obrabiarkowe – grupowanie maszyn tego samego typu, np. frezarek, tokarek itd.
- linia produkcyjna, w której występuje układ transportowy, usprawniający wykonywanie kolejnych operacji.

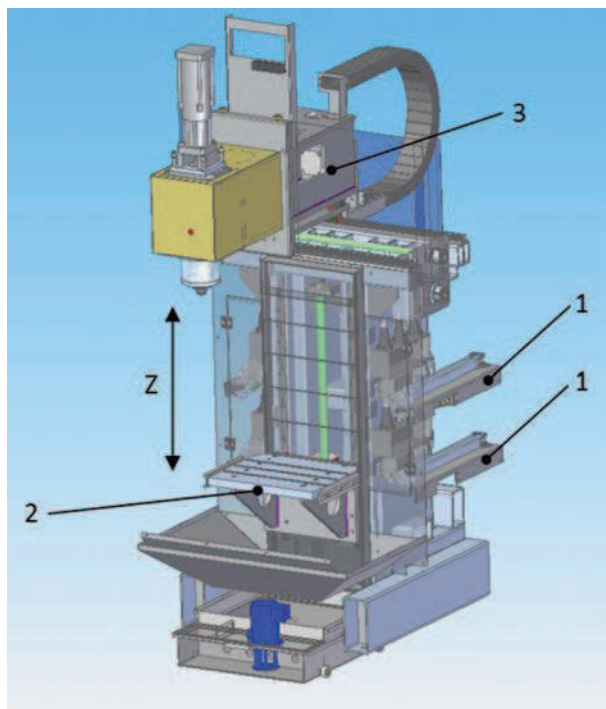
Szczególną cechą tych maszyn jest możliwość szybkiej rekonfiguracji ustawień w hali produkcyjnej. Przy obecnej konieczności szybkiego dostosowywania profilu produkcji do wymagań odbiorcy jest to jeden z głównych powodów intensywnego rozwoju konstrukcji obrabiarek tego rodzaju.

### Przykład konstrukcji frezarki lekkiej BAK do obróbki przedmiotów o niewielkich rozmiarach

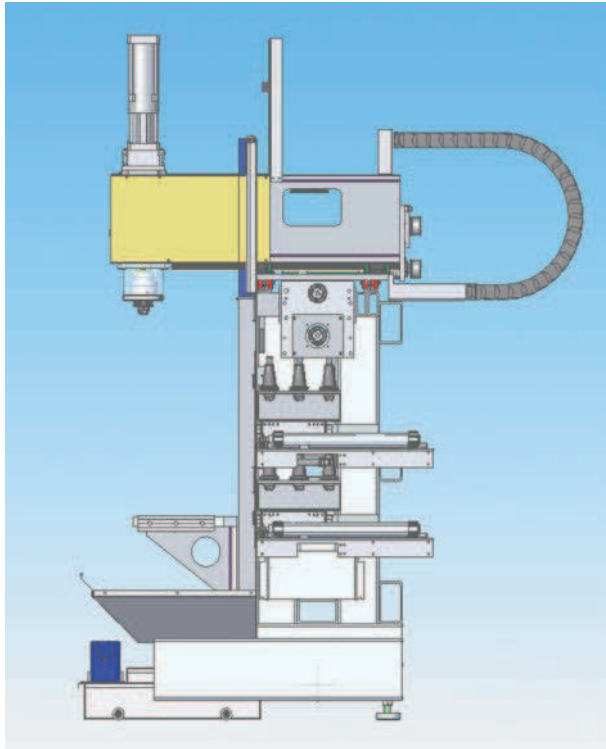
Przykładem mobilnej maszyny o masie do 2 t jest nowa konstrukcja frezarki BAK (rys. 5-7). Jej konstrukcja spełnia wszystkie opisane wcześniej warunki. Przestrzeń robocza w kierunku X i Y wynosi odpowiednio 200 [mm] i 250 [mm], natomiast przesuw całego stołu w osi Z wynosi ok. 500 [mm]. Korpus w prototypie jest spawany, wykonany z kształtowników odpowiednio zespalanych w celu zwiększenia zdolności tłumienia drgań, jednakże przewidziano możliwość zastosowania korpusu odlewanego. Magazyny narzędzi umieszczone są wzdłuż bocznych ścian korpusu i mają łącznie 12 narzędzi. Zespół suportu tworzy zestawienie spawalnicze, które może wykonywać



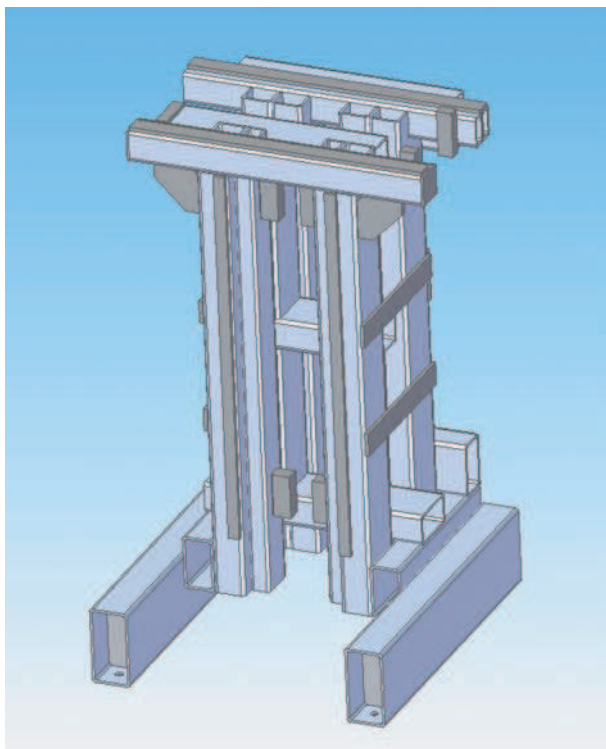
Rys. 4. Frezarka BAK z zainstalowanymi osłonami  
Fig. 4. Milling machine BAK with installed shield



Rys. 5. Frezarka BAK, konstrukcja podstawowa, bez osłon:  
1 – magazyn narzędzi, 2 – przesuwany stół w osi Z, 3 – zespół suportu  
Fig. 5. Milling machine BAK, basic construction, without the shield:  
1 – machine tools, 2 – slidable table in axis Z, 3 – assembly of slide



Rys. 6. Frezarka BAŁ, widok z boku  
Fig. 6. Milling machine BAŁ, side view



Rys. 7. Frezarka BAŁ, korpus spawany  
Fig. 7. Frezarka BAŁ, welded body

ruchy w osiach X i Y, natomiast w osi Z przemieszcza się tylko stół.

Korpus spawany został wykonany ze znormalizowanych kształtowników. Dzięki odpowiedniemu zespawaniu elementów można uzyskać zdolność tłumienia drgań porównywalną do korpusu odlewanego z żeliwa. Masa konstrukcji spawanej nie przekracza 400 [kg].

#### Podsumowanie

1. Istnieje duże zapotrzebowanie na maszyny lekkie i mobilne. Świadczą o tym liczne zamówienia składane przez przedsiębiorstwa krajowe.
2. Istotną jest stosunkowo niska cena maszyn lekkich i mobilnych, którą szacuje się na ok. 70 tys. zł.
3. Obrabiarki lekkie mogą być transportowane pomiędzy zakładami znacząco oddalonymi od siebie. Koszty spedycji są niskie ze względu na typowe rozmiary i masę.
4. Ze względu na zastosowane korpusy spawane i typowe moduły konstrukcyjne, czas wykonania takiej maszyny jest stosunkowo krótki, uruchomienie maszyny następuje po ok. 2,5 miesiącach.
5. Uzyskiwana dokładność obróbki na maszynach lekkich i mobilnych jest typowa dla obrabiarek, które są urządzeniami precyzyjnymi.

#### LITERATURA

- [1] AFM Defum SA: Katalog.
- [2] <http://www.southwesternindustries.com/product/trak2op>, dostęp 04.2016.
- [3] Wrotny L.T. 1978. „Podstawy konstrukcji obrabiarek”. Warszawa: WNT.
- [4] Yoshimi Ito. 2008. “Modular design for machine tools”. McGraw-Hill Education.

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. Leszek Walkiewicz – Centrum Badawczo-Konstrukcyjne Obrabiarek Sp. z o.o., ul. Staszica 1, 05-800 Pruszków, e-mail: leszek.walkiewicz@cbko.pl

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБКОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ БУРОВЫХ КОРОНОК

## *Ensuring the Required Accuracy of Cylindrical Inserts' Diameter Measurement Prior to Hammer Bits' Selective Assembly*

## *Zapewnienie wymaganej dokładności pomiarów średnic walcowych wkładek dla montażu selekcyjnego wiertel górniczych*

Плешаков Алексей Андреевич, Кристаль Марк Григорьевич

**Аннотация:** Для обеспечения погрешности измерений диаметров цилиндрических деталей на уровне  $\pm 0,7$  мкм в измерительном диапазоне шириной не менее 220 мкм предложено устройство временного преобразования линейного размера в интервал времени, за который глухая измерительная камера опустошается в атмосферу через зазор между поверхностью измеряемой детали, базированной в призме, и срезом сопла, лежащим в плоскости, совпадающей с боковой поверхностью этой призмы. Также разработана расчетная модель для установления рациональных параметров устройств такого типа. Приведены результаты теоретического и экспериментального исследований, по результатам которых установлена целесообразность применения предложенного устройства для измерения диаметров цилиндрических зубков буровых коронок перед их селективной сборкой.

**Ключевые слова:** линейные измерения, измерение диаметра, пневматическое устройство, временное преобразование.

**Abstract:** A pneumo-electronic Temporal Conversion Device is proposed to ensure outer diameter measurement error within  $\pm 0,7$   $\mu\text{m}$  in the measurement range with the width of no less than 220  $\mu\text{m}$ . The Device converts linear quantity into time interval, during which the measurement chamber containing the compressed air discharges into the atmosphere through the restrictor formed by the surface of the target part, located in the channel of a V-block, and the measuring nozzle exit section, contained by one of the channel's faces. Paper also covers a developed computational model to establish Device parameters rational values. The results of theoretical and experimental research, covered here, show the suitability of the proposed Device for gauging the cylindrical inserts' diameters prior to the hammer bits' selective assembly.

**Keywords:** linear measurement, diameter measurement, pneumatic device, temporal conversion.

**Streszczenie:** W celu zapewnienia błędów pomiarów walcowych części na poziomie  $\pm 0,7$   $\mu\text{m}$  w przedziale pomiarowym do 220 mm, opracowano urządzenie bieżącego przekształcania wymiaru liniowego w przedział czasowy za którym pełna komora pomiarowa wypróżniana do atmosfery przez luz między powierzchnią mierzonej części (bazowanej w przyźmie) a ścięciem dyszy, leżącym w płaszczyźnie przylegającej do bocznej powierzchni tej przyźmy. Opracowano także model obliczeniowy w celu wyznaczenia parametrów urządzenia tego typu. Przytoczono wyniki teoretycznych i eksperymentalnych badań, na podstawie których wyznaczono celowość stosowania proponowanego urządzenia do pomiarów średniowalcowych słupków wiertel górniczych przed ich selektywnym montażem.

**Słowa kluczowe:** pomiar wymiarów liniowych, pomiary średnie, urządzenie pneumatyczne, bieżące przekształcenie

### Введение

Технология изготовления буровых коронок предполагает запрессовку зубков с цилиндрическим хвостовиком в отверстия в ее корпусе. Качество коронки во многом определяется соблюдением требуемых натягов, поэтому используют метод групповой взаимозаменяемости: зубки и отверстия сортируют по величине диаметра. В частности, при производстве коронок типа КНШ (коронка неперетачиваемая штыревая) зубки диаметром  $D$  от 6 до 10 мм с допуском на диаметр 220 мкм сортируют в 44 размерные группы, из которых затем комплектуют пары для сборки,

точность которой зависит от точности измерения диаметра. Поэтому для повышения качества буровых коронок актуально снижение погрешности  $\Delta$  измерений диаметра зубков, которая, в соответствии с [1], не должна превышать 1,4 мкм.

Поскольку при измерении в условиях производства возможны вибрационные, ударные воздействия и влияние электромагнитных полей, целесообразно применять пневматические средства измерений (СИ), нечувствительные к этим воздействиям [2] вследствие демпфирующих свойств сжатого воздуха. Однако ширина измерительного диапазона известных пневматических СИ при требуемом уровне погрешности

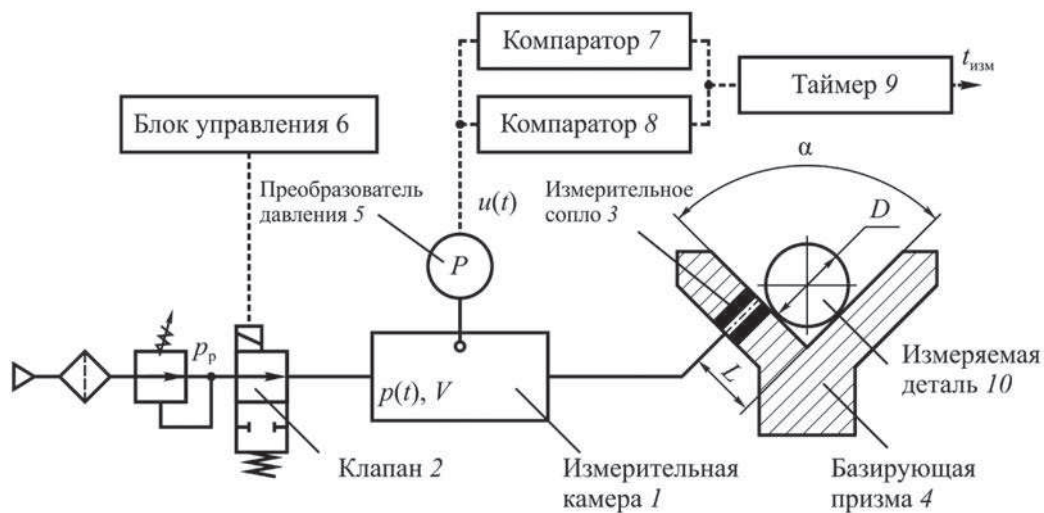


Рис. 1. Разработанное УВП  
Fig. 1. The proposed Temporal Conversion Device

ограничена 200 мкм [3], чего не достаточно для сортировки зубков.

Целью работы является обеспечение требуемой погрешности  $\pm 0,7$  мкм измерений диаметров зубков буровых коронок в измерительном диапазоне шириной 220 мкм. Для этого предложено [4] пневматическое устройство временного преобразования (УВП) линейного размера (рис. 1), осуществляющее оценку измеряемого диаметра  $D$  по интервалу времени  $t_{изм}$  истечения сжатого воздуха из измерительной камеры (ИК) в атмосферу через измерительный зазор, образованный поверхностью измеряемого зубка, установленного в базирующей призме, и срезом измерительного сопла, лежащим в ее боковой поверхности. Для оценки влияния зависимости погрешности  $\Delta$  измерений устройства такого типа от его параметров на этапе проектирования разработана математическая модель процесса временного преобразования, где учтен смешанный характер дросселирования потока сжатого воздуха в измерительном зазоре.

#### Устройство временного преобразования с расширенным измерительным диапазоном

В состав предложенного УВП входят измерительная камера 1, клапан 2, измерительное сопло 3, базирующая призма 4, пневмоэлектрический преобразователь (ПП) 5, блок 6 управления (БУ), компараторы 7 и 8, таймер 9. ИК 1 объемом  $V$  соединена с источником сжатого воздуха через канал клапана 2 и с атмосферой через измерительный зазор, образованный срезом измерительного сопла 3 диаметром  $d$  и поверхностью измеряемого зубка 10 диаметром  $D$ . Сопло 3 установлено в боковой поверхности призмы 4 так, что его срез лежит в плоскости этой поверхности, а его ось ей перпендикулярна. При этом сопло 3

смещено от вершины призмы на расстояние  $L$  и от линии касания рассматриваемой боковой поверхности призмы 4 с зубком 10 наибольшего в измерительном диапазоне диаметра  $D_{макс}$  на расстояние  $l$ . БУ 6 формирует команды открытия и закрытия клапана 2. ИК 1 объединена с камерой ПП 4, который выполняет непрерывное преобразование величины давления  $p(t)$  воздуха в ней в электрический сигнал  $u(t)$ . Этот сигнал поступает на входы компараторов 7 и 8, которые срабатывают при  $u(t_B) = u_B \sim p_B$  и  $u(t_H) = u_H \sim p_H$ , соответственно. Компаратор 7 осуществляет запуск таймера 9, а компаратор 8 – его останов.

Измерение осуществляется следующим образом. В начале измерительного цикла клапан 2 открыт, и сжатый воздух с рабочим давлением  $p_p$  поступает от стабилизированного источника в ИК 1 и истекает в атмосферу через измерительный зазор, образованный срезом измерительного сопла 3 и поверхностью измеряемого зубка 10.

В момент времени  $p_0$  БУ 6 закрывает клапан 2, в результате чего ИК 1 отключается от источника сжатого воздуха. Воздух с давлением  $p(t_0) = p_p$ , оставшийся в ИК 1, продолжает истекать в атмосферу через измерительный зазор. В момент времени  $t_B$  давление  $p(t)$  воздуха в ИК 1 уменьшается до верхней границы  $p_B$  интервала  $[p_H; p_B]$ , в результате чего срабатывает компаратор 7, запускающий таймер 9. Затем в момент времени  $t_H$  давление  $p(t)$  уменьшается до нижней границы  $p_H$  интервала  $[p_H; p_B]$ . При этом срабатывает компаратор 8, останавливая таймер 9.

Так таймер 9 измеряет время  $t_{изм} = (t_H - t_B)$ , в течение которого давление  $p(t)$  воздуха в ИК 1 изменялось в границах установленного интервала  $[p_H; p_B]$ . Величина  $t_{изм}$  пропорциональна измеряемому диаметру  $D$  и используется для его получения его оценки  $\hat{D}$  в соответствии с заданной функцией  $\hat{D} = f(t_{изм})$  преобразования.

## Математическая модель процесса временного преобразования

Для оценки влияния параметров УВП на погрешность  $\Delta$  измерений с целью установления их рационального с точки зрения обеспечения требуемой погрешности  $\Delta$  в заданном измерительном диапазоне сочетания разработана расчетная модель процесса временного преобразования, в состав которой входят математическое описание опустошения ИК в атмосфере и механизм формирования величины  $\Delta$ .

При разработке модели приняты допущения о мгновенном отключении ИК от источника сжатого воздуха (так как погрешность, возникающая вследствие случайного характера длительности закрытия клапана, в данном случае незначима), а также о равенстве единице коэффициента  $\varepsilon = 1$  расхода воздуха и турбулентном характере дросселирования потока сжатого воздуха в измерительном зазоре (с учетом дальнейшего уточнения модели на основе опытных данных).

Для описания изменения во времени  $t$  давления  $p(t)$  воздуха в ИК при ее опустошении использовано уравнение [5]:

$$\frac{V}{R_B T} \frac{dp(t)}{dt} = -M, \quad (1)$$

где

$R_B$  – газовая постоянная для воздуха;

$T$  – температура воздуха в ИК;

$M$  – массовый расход воздуха через измерительный зазор.

Для вычисления расхода  $M$  воздуха использована известная из газовой динамики [5] система уравнений, описывающая истечение воздуха в надкритическом и докритическом режимах в зависимости от соотношения давлений  $p(t)$  в ИК и критического  $p_{кр}$ :

$$M = \begin{cases} \varepsilon F_3 p(t) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{k-1} \sqrt{\frac{2k}{(k+1)R_B T}}, & \text{при } p(t) > p_{кр}, \\ \varepsilon F_3 p_a^{k-1} [p(t)]^{(k-1)k-1} \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_B T} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p(t)}\right)^{(k-1)k-1}\right]}, & \text{при } p(t) < p_{кр}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $k$  – показатель адиабаты. Критическое давление  $p_{кр}$  определяется как

$$p_{кр} = p_a \left(2/[k+1]\right)^{-k(k-1)^{-1}}.$$

Площадь  $F$  измерительного зазора, пропорциональная измеряемому диаметру  $D$ , вычислялась в соответствии со схемой на рис. 2 как  $F = \int_0^{2\pi} (d/2)h d\theta$ , где

$$h = \sqrt{\left[ L - \left(\frac{D}{2}\right) / \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \left(\frac{d}{2}\right) \cos\theta \right]^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2} - \left(\frac{D}{2}\right).$$

Для оценки результата  $t_{изм}$  временного преобразования уравнение (1) решалось с граничными условиями  $p(t_B) = p_B$  и  $p(t_H) = p_H$ , откуда вычислялись значения  $t_B$  и  $t_H$  и, затем, результат  $t_{изм} = (t_H - t_B)$  временного преобразования. По нескольким значениям  $D$ , принадлежащих заданному измерительному диапазону, получены статические характеристики  $t_{изм} = f(D)$  и обратные им функции  $\dot{D} = f(t_{изм})$  преобразования для различных сочетаний параметров УВП.

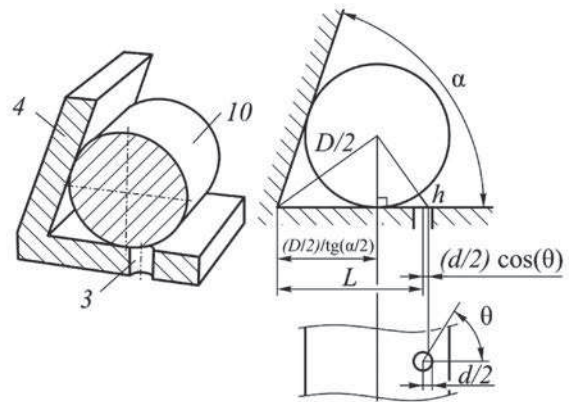


Рис. 2. Базирование измеряемого зубка в призме  
Fig. 2. Basing the target TC1 in the v-Block

Основным источником погрешности  $\Delta$  УВП предложенного типа является случайная ошибка  $\Delta_u$  преобразования величины давления  $p(t)$  в электрический сигнал  $u(t)$ . Наличие этой ошибки приводит к тому, что сигнал  $u(t)$  может принимать граничные значения  $u_B \sim p_B$  и  $u_H \sim p_H$  раньше или позже достижения действительных равенств  $p(t_B) = p_B$  и  $p(t_H) = p_H$ . Вследствие этого компараторы 7 и 8 могут сработать как раньше, так и позже моментов  $t_B$  и  $t_H$ , что обуславливает наличие погрешности  $\Delta_t$  временного преобразования. Решая (1) при  $p(t_B^-) = (p_B - \Delta_u)$ ,  $p(t_B^+) = (p_B + \Delta_u)$ ,  $p(t_H^-) = (p_H - \Delta_u)$  и  $p(t_H^+) = (p_H + \Delta_u)$ , получены значения  $t_B^-$ ,  $t_B^+$ ,  $t_H^-$  и  $t_H^+$  – наименьшие и наибольшие возможные значения величин  $t_B$  и  $t_H$  (рис. 3). Предельная погрешность  $\Delta_t$  временного преобразования оценена как  $\Delta_t = (t_H^+ - t_B^+) - (t_H^- - t_B^-)$ . Далее погрешность  $\Delta$  измерений оценивается как  $\Delta = \hat{D}(t_H^+ - t_B^+) - \hat{D}(t_H^- - t_B^-)$  в соответствии с функцией  $\hat{D} = f(t_{изм})$  преобразования.

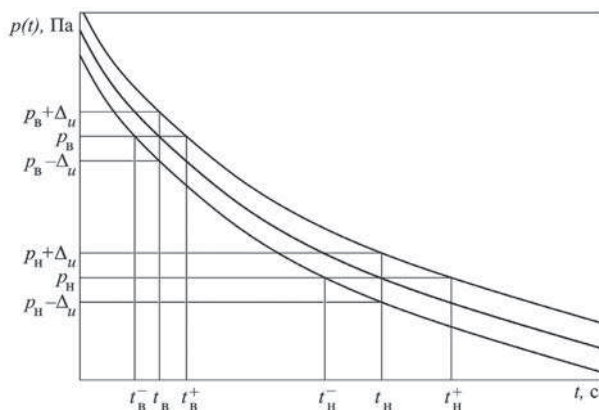


Рис. 3. Схема для расчета погрешности измерений  
Fig. 3. Computation of the measurement error

Теоретическое исследование на основе разработанной модели позволило сделать выводы:

- погрешность  $\Delta$  измерений УВП обратно пропорциональна чувствительности его чувствительности  $\xi$  и прямо пропорциональна погрешности  $\Delta_t$  временного преобразования, которая, в свою очередь, имеет меньшие значения при большей скорости изменения давления  $p(t)$  в ИК;
- изменение параметров УВП с целью повышения  $\xi$  часто приводит к повышению  $\Delta_t$ , и наоборот;
- каждому сочетанию угла  $\alpha$  при вершине базирующей призмы и диаметра  $d$  измерительного сопла соответствует рациональное значения  $l_p$  смещения  $l$  измерительного сопла от линии касания боковой поверхности призмы и измерительной детали наибольшего диаметра  $D_{\max}$  в рассматриваемом измерительном диапазоне, которое позволяет обеспечить наибольшую чувстви-

тельность  $\xi$  УВП и вычисляется из соотношения  $F_{з\max} = 0,4 F_c$ ;

- уменьшение угла  $\alpha$  при вершине базирующей призмы, диаметра  $d$  измерительного сопла приводит к снижению погрешности  $\Delta$  измерений за счет повышения чувствительности  $\xi$  УВП;
- уменьшение объема  $V$  ИК до рационального значения  $V_p$  приводит к снижению погрешности  $\Delta$  измерений за счет повышения чувствительности  $\xi$  УВП, а дальнейшее увеличение  $V$  приводит к повышению погрешности  $\Delta$  измерений вследствие возрастания погрешности  $\Delta_t$  временного преобразования;
- повышение верхней границы  $p_B$  интервала  $[p_H; p_B]$  изменения давления в ИК в процессе временного преобразования способствует снижению погрешности  $\Delta$  измерений за счет одновременно повышения чувствительности  $\xi$  УВП и снижения погрешности  $\Delta_t$  временного преобразования;
- повышение нижней границы  $p_H$  интервала  $[p_H; p_B]$  до рационального значения  $p_{HP}$  приводит к снижению погрешности  $\Delta$  измерений за счет существенного снижения погрешности  $\Delta_t$  временного преобразования, а при дальнейшем повышении  $p_H$  величина  $\Delta$  возрастает вследствие уменьшения чувствительности  $\xi$  УВП;

Установлено рациональное сочетание параметров, позволяющее обеспечить требуемую погрешность  $\Delta$  измерений в заданном измерительном диапазоне: смещение  $L_p$  измерительного сопла из отношения  $F_{з\max} = 0,4 F_c$ ;  $\alpha = 30^\circ \dots 45^\circ$ ;  $d = 1$  мм;  $V = 15 \dots 20$  см<sup>3</sup>;  $p_p = 240$  кПа;  $p_H = 110 \dots 120$  кПа.

Поток воздуха в измерительном зазоре движется в непосредственной близости к поверхностям измеряемого зубка и базирующей призмы, поэтому выдвинуто предположение о смешанном характере дросселирования воздуха в измерительном зазоре. Часть потока прилипает к этим поверхностям и движется в ламинарном режиме, в результате чего возрастают скорость движения потока и расход  $M$ . Другая часть потока истекает в атмосферу в турбулентном режиме. Так как при разработке математической модели принято допущение о турбулентном характере дросселирования воздуха в измерительном зазоре, для ее уточнения в выражение (2), описывающее расход  $M$  воздуха через турбулентный дроссель, введен поправочный функционал  $\psi(h)$ , зависящий от величины  $h$ , характеризующей относительное расположение измерительного сопла и зубка.

#### Экспериментальное исследование предложенного устройства временного преобразования

Для оценки работоспособности рассматриваемого УВП, вычисления поправочного функционала  $\psi(h)$  и установления погрешности  $\Delta$  измерений при рациональном сочетании параметров УВП, установленных в ходе теоретического исследования, изготовлен

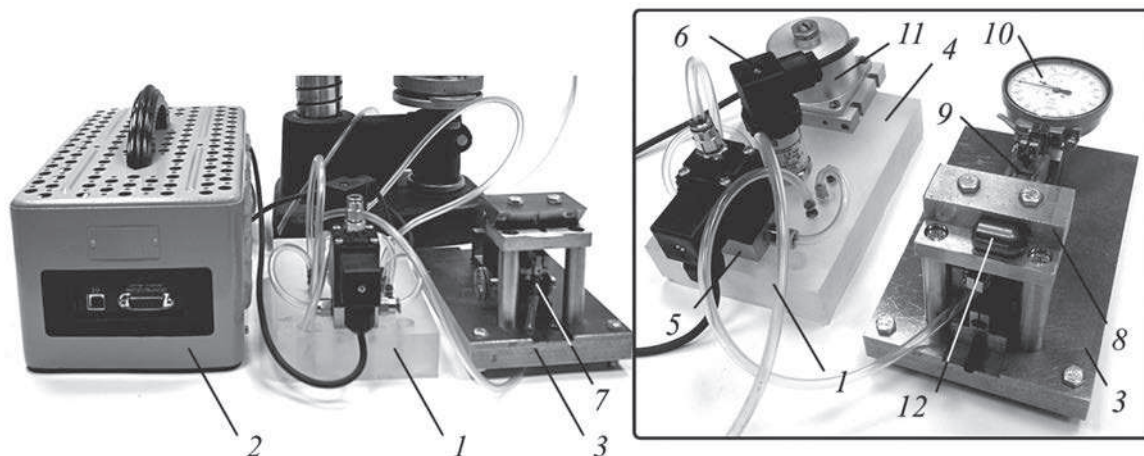


Рис. 4. Опытный образец УВП: 1 – модуль временного преобразования, 2 – электронный модуль, 3 – измерительная оснастка, 4 – пневматическая монтажная плата, 5 – клапан, 6 – ПП, 7 – измерительное сопло, 8 – базировочная призма, 9 – механизм микроперемещений, 10 – индикаторная головка, 11 – камера переменного объема, 12 – измеряемый зубок  
 Fig. 4. Experimental unit: 1 – Temporal Conversion Module, 2 – electronic module, 3 – gauge, 4 – pneumatic plate, 5 – valve, 6 – pressure transducer, 7 – nozzle, 8 – basing V-Block, 9 – microdisplacement mechanism, 10 – dual gage, 11 – variable volume chamber, 12 – target TCI

опытный образец (рис. 4). Его конструкция обеспечивает варьирование уровней основных конструктивных параметров: угла  $\alpha$  при вершине, диаметра  $d$  и смещения  $l$  измерительного сопла, объема  $V$  ИК. Изготовлено два набора цилиндрических эталонов для оценки погрешности  $\Delta$  УВП в измерительных диапазонах  $D = 6,00 \dots 6,22$  мм и  $D = 10,00 \dots 10,22$  мм. Функции БУ, компараторов и таймера выполняет ЭВМ со специально разработанным программным обеспечением [6], получающая сигнал  $u(t)$  ПП, преобразованный в цифровую форму блоком АЦП. Программное

обеспечение [9] позволяет варьировать уровни величин  $p_B$  и  $p_H$ . Для стабилизации уровня рабочего давления  $p_p$  устройство оснащено блоком фильтра со стабилизатором ФСВ6-1/6-337.

В ходе экспериментального исследования для различных сочетаний вышеуказанных параметров УВП получены интервальные оценки  $\pm 3\sigma$  погрешности  $\Delta$  измерений на основе выборок по 400 результатов  $\hat{D}$ .

Полученные опытные данные подтверждают выводы теоретического исследования, а также позволяют

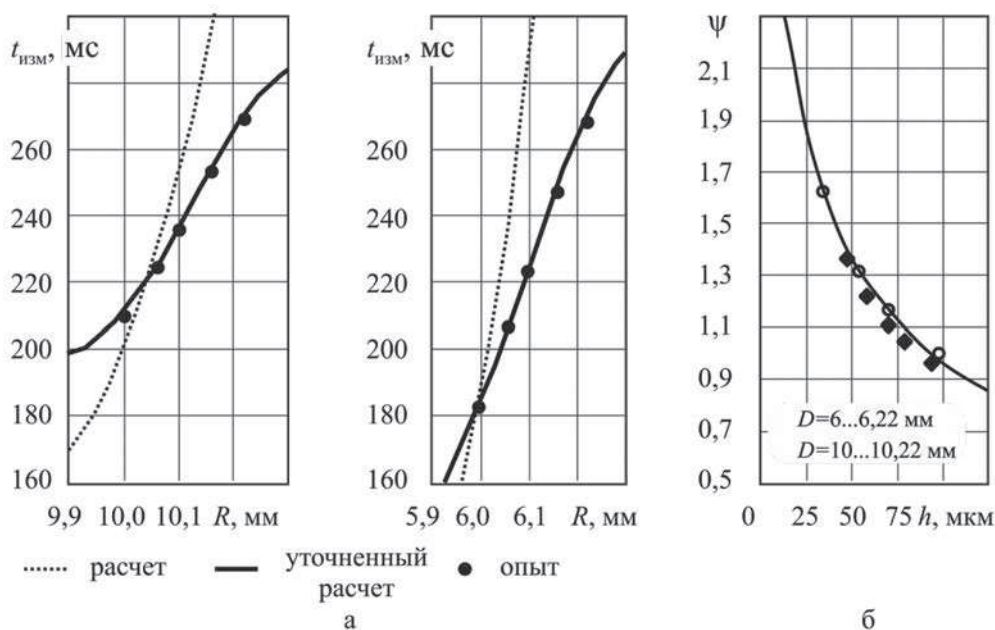


Рис. 5. Статические характеристики (а) УВП и поправочный функционал (б)  
 Fig. 5. Calibration curves (a) of the device and the correction function (b)



количественно оценить зависимости погрешности  $\Delta$  измерений от параметров УВП и уточнить рациональные значения некоторых из них:  $V = 16,6 \text{ см}^3$ ;  $p_H = 110 \text{ кПа}$ ;  $p_P = 230 \text{ кПа}$ . Экспериментально установлено, что установленное в ходе теоретического исследования и уточненное опытным путем рациональное сочетание параметров УВП позволяет обеспечить погрешность  $\Delta$  измерений не более  $\pm 0,27 \text{ мкм}$  в измерительном диапазоне  $D = 6,00 \dots 6,22 \text{ мм}$  и  $\pm 0,45 \text{ мкм}$  в диапазоне  $D = 10,00 \dots 10,22 \text{ мм}$ , что делает целесообразным использование предложенного УВП в составе автоматических устройств для сортировки цилиндрических зубков по величине диаметра перед селективной сборкой буровых коронок.

Сравнение опытных статических характеристик с расчетными (рис. 5а) показывает, что в действительности ИК опустошается быстрее, что свидетельствует о том, что фактический расход  $M$  воздуха через измерительное сопло превышает расчетные значения. Таким образом, на основании экспериментальных данных сделан вывод об адекватности предположения о смешанном характере дросселирования потока сжатого воздуха в измерительном зазоре и о том, что расход  $M$  воздуха при таком истечении выше, чем при истечении через турбулентный дроссель.

Поправочный функционал  $\psi(h)$  вычислен как отношение  $t_{\text{изм}}^T / t_{\text{изм}}^{\text{Э}}$  теоретической оценки  $t_{\text{изм}}^T$  результата  $t_{\text{изм}}$  временного преобразования диаметра  $D$ , полученной с использованием разработанной модели, и соответствующего опытного значения  $t_{\text{изм}}^{\text{Э}}$ . Отношения  $t_{\text{изм}}^T / t_{\text{изм}}^{\text{Э}}$  вычислены в измерительных диапазонах  $D = 6,00 \dots 6,22 \text{ мм}$  и  $D = 10,00 \dots 10,22 \text{ мм}$  и аппроксимированы (рис. 5б) функцией вида  $\psi(h) = ah^b$ , где  $a = 7,418$  и  $b = 0,451$  – коэффициенты регрессии. Статические характеристики по уточненной таким образом модели (рис. 5а) принадлежат к вычисленным при доверительной вероятности  $p = 0,95$  доверительным интервалам опытных значений  $t_{\text{изм}}$ . Теоретические оценки  $\pm 0,493 \text{ мкм}$  и  $\pm 0,563 \text{ мкм}$  погрешности  $\Delta$  на основе уточненной модели процесса временного преобразования несколько превышают опытные значения  $\pm 0,27 \text{ мкм}$  и  $\pm 0,45 \text{ мкм}$ , что идет в запас расчета. На этих основаниях сделан вывод о том, что уточненная математическая модель адекватно описывает процесс временного преобразования и может быть использована для количественной оценки погрешности  $\Delta$  измерений УВП.

## Заключение

Экспериментально подтверждено, что предложенное УВП обеспечивает погрешность  $\Delta$  измерений не более  $\pm 0,27 \text{ мкм}$  в измерительном диапазоне  $D = 6,00 \dots 6,22 \text{ мм}$  и  $\pm 0,45 \text{ мкм}$  в диапазоне  $D = 10,00 \dots 10,22 \text{ мм}$ , что обуславливает целесообразность использования его в составе автоматических устройств для сортировки цилиндрических зубков по величине диаметра перед селективной сборкой

буровых коронок, а также для измерения диаметров цилиндрических деталей в других областях промышленности.

Разработанная и уточненная математическая модель процесса временного преобразования, в которой учтен смешанный характер дросселирования воздуха в измерительном зазоре, позволяет на этапе проектирования оценить влияние параметров УВП на погрешность  $\Delta$  измерений и установить рациональное сочетание параметров для ее минимизации в заданном измерительном диапазоне.

## Список источников

- [1] ГОСТ 8.051–81. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
- [2] Jermak Cz. J., Rucki M. Air Gauging: Still Some Room for Development // AASCIT Communications. 2015. V. 2, N. 2. P. 29–34.
- [3] Rucki M., Barisik B., Varga G. Air gauges as a part of the dimensional inspection systems // Measurement. 2010. N. 43. P. 83–91.
- [4] Пневмоэлектронное устройство для контроля и сортировки деталей по линейным размерам / А. А. Плешаков, А. Ю. Горелова, М. Г. Кристаль. Патент на полезную модель RUS 154374 МПК G01B13/00 – ВолгГТУ 20.08.2015.
- [5] Залманзон Л. А. Проточные элементы пневматических приборов контроля и управления. М.: Изд-во академии наук СССР, 1961. 250 с.
- [6] Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ 2014616406 (РФ). Программа управления устройством для сортировки деталей на группы по линейным размерам / Плешаков А. А., Чан К. Т., Горелова А. Ю. Измайлов А. Д., Кристаль М. Г. – 2014.

Плешаков Алексей Андреевич, аспирант каф. АПП, akrense@yandex.ru, Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28, Волгоградский государственный технический университет

Кристаль Марк Григорьевич, д-р техн. наук, проф. каф. АПП, crysmar@mail.ru, Россия, 400005 Волгоград пр. им. Ленина 28 Волгоград, Волгоградский государственный технический университет

# KIERUNKI ROZWOJU AUTOMATYZACJI W BUDOWNICTWIE (CZ. II)

## *Construction robotics and automations development directions (part II)*

Eugeniusz BUDNY, Mirosław CHŁOSTA

**Streszczenie:** Automatyizacja i robotyzacja budownictwa jest szybko rozwijającą się dziedziną przemysłu, jakkolwiek niedocenianą w wystarczającym stopniu w Polsce. W pierwszej części artykułu przedstawiono podstawowe informacje z tego zakresu. W części drugiej omówiono przykłady rozwiązań zaproponowanych na świecie, stanowiących przełom w tej dziedzinie.

**Słowa kluczowe:** budownictwo, robotyka, automatyzacja

**Abstract:** Automations and robotics in construction (ARC) are quickly developing brand of the world industry, however it is not being sufficiently appreciated in Poland. The basic information on ARC was presented in the introduction of the paper. The mile stones on the robotics in construction and examples of the organizational and technical solutions in different fields of construction are presented.

**Key words:** construction, robotics, automation

### Wprowadzenie

W poprzedniej części artykułu omówiono ogólne zagadnienia automatyzacji i robotyzacji w budownictwie. Ta część przedstawia konkretne rozwiązania w poszczególnych rodzajach prac budowlanych, z naciskiem na rozwiązania sprzętowe.

### Charakterystyka robotów do poszczególnych rodzajów prac budowlanych

Specyfika poszczególnych rodzajów prac budowlanych powoduje, że rozwiązania konstrukcyjne robotów, podobnie jak maszyn sterowanych przez operatorów – bardzo różnią się między sobą. Poniżej omówiono podstawowe cechy konstrukcyjne robotów i zautomatyzowanego sprzętu budowlanego.

### Automatyzacja w pracach ziemnych i fundamentowych

#### Ogólna charakterystyka automatyzacji prac ziemnych

Prace ziemne, z uwagi na dużą objętość urobku i znaczący udział w globalnej produkcji budowlanej, zasługują na szczególną uwagę. Prowadzone prace dotyczą przede wszystkim koparek jednonaczyniowych, ładowarek, spycharek oraz równiarek. Są to tzw. maszyny podstawowe.

W pracach nad automatyzacją maszyn do prac ziemnych można wyróżnić trzy kierunki:

- adaptację układów sterowniczych maszyn do wykonywania określonych rodzajów prac w sposób zautomatyzowany,
- zastosowanie zdalnego sterowania maszyn,
- roboty autonomiczne.

Adaptacyjne układy sterowania maszyn (a) są najstarszym sposobem automatyzacji pracy maszyn budowlanych. Przykładami są:

- układ sterowania położeniem lemiesza spycharki, ułatwiający otrzymywanie płaskich powierzchni,
- układ sterowania osprzętem wiertniczym, zamocowanym na koparce uniwersalnej lub wiertnicy,
- układ sterowania osprzętem koparki w celu wykonywania wykopów wąskoprzestrzennych pod ściany szczelinowe.

Zdalne sterowanie maszyn do prac ziemnych (b) jest najczęściej stosowanym i oferowanym na rynku rozwiązaniem. Stosuje się je w przypadkach wykonywania robót w strefie zagrożenia życia lub w warunkach ograniczonej widoczności. W pierwszym przypadku operator znajduje się poza strefą zagrożenia. W drugim – operator znajduje się w maszynie lub poza nią tak, aby zmaksymalizować widoczność osprzętu roboczego w polu pracy. Przebieg cyklu roboczego monitorowany jest przez kamery wideo lub inne systemy wizualizacji. Oczywista jest konieczność wyposażenia maszyny w odpowiednie do poziomu automatyzacji czujniki, rejestrujące stan maszyny i otoczenia, jak również w elementy wykonawcze. Coraz częściej stosuje się rozwiązania znane z rzeczywistości wirtualnej (virtual reality technologies – VR). Operator sterując pracą maszyny oraz załadunkiem urobku na środki transportu nadal jest elementem zamykającym pętlę sprzężenia zwrotnego układu sterowania, jakkolwiek nie ma bezpośredniej styczności z maszyną i jej otoczeniem. Obecnie sterowanie odbywa się na drodze radiowego przekazywania sygnału. Sterowania przewodowego używa się w ściśle określonych warunkach, gdy skuteczność sygnału jest mała, np. w przypadku zakłóceń radiowych w pobliżu silnych nadajników.

Maszyny ze zdalnym sterowaniem stosowane są w robotach podziemnych, budowie tuneli, w miejscach

zanieczyszczeń chemicznych i radioaktywnych. Kierunek (c) obejmuje opracowanie robotów autonomicznych. Jest to trudne technicznie zadanie, związane z koniecznością uwzględnienia wielu czynników związanych z procesem urabiania gruntu i transportu urobku. Są to najczęściej czynniki o charakterze losowym, np.:

- zmienne siły wzajemnego oddziaływania gruntu i narzędzi roboczych,
- niejednorodność gruntu, związana z miejscowym występowaniem gleb zwięzłych,
- zmienną wysokość terenu, będącego miejscem prac ziemnych,
- występowanie zakopanych lub przysypanych obiektów – rurociągi, przewody elektryczne,
- położenie maszyny w stosunku do krawędzi klina odłamu gruntu, łączące się z zagrożeniem jej wywrócenia,
- pojawianie się ludzi i innych obiektów w polu pracy maszyny, stanowiące zagrożenie dla realizacji procesu.

W tych warunkach dąży się do zmniejszenia wydatku energii oraz czasu realizacji prac, np. przez zminimalizowanie trajektorii narzędzia roboczego w procesie odspajania.

Wszystkie powyższe czynniki należy uwzględnić przy projektowaniu robota autonomicznego. Z uwagi na liczne trudności, na obecnym etapie rozwoju zakres automatyzacji maszyn do prac ziemnych w rozwiązaniach praktycznych ogranicza się najczęściej do zdalnego sterowania maszyn i częściowej automatyzacji procesu sterowania. Niemniej zalety oferowane przez robota do prac ziemnych są tak zachęcające, iż prowadzone są w tym kierunku liczne prace badawcze. Najczęściej polegają one na wyposażeniu istniejących maszyn w robotyczny układ sterowania (robot control system), który realizuje ruchy narzędzi roboczych wg założonych algorytmów.

Do zalet tych należy:

- zwiększona wydajność maszyn,
- poprawa jakości wykonania prac, polegająca na większej dokładności wymiarowej wykopów bądź niwelowanych powierzchni,
- zmniejszone ryzyko błędów wykonawstwa z uwagi na zbędne repery (kołki),
- możliwość realizacji bardziej złożonych kształtów wykopów bądź ukształtowania powierzchni, jak np. pola golfowe,
- możliwość zatrudnienia mniej wykwalifikowanych operatorów do bardziej złożonych zadań,
- zmniejszenie możliwości pomyłki operatora, wynikającej z mylnej interpretacji dokumentacji technicznej wykonywanej pracy,

Z uwagi na obszerność tematu, w artykule nie przedstawiono szczegółowych wyników prac badawczych w zakresie autonomicznych robotów do prac ziemnych (praca odsyła zainteresowanych do literatury). Należy nadmienić, że w kilku ośrodkach w Polsce prowadzone są również prace teoretyczne i doświadczalne w zakresie automatyzacji maszyn do robót ziemnych. Wymienić tu należy Wojskową Akademię Techniczną, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie,

Politechnikę Warszawską [1] oraz Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN.

W dalszej części omawianej tematyki przedstawiono przykłady rozwiązań automatyzacji maszyn do prac ziemnych.

## Przykłady zastosowania automatyzacji i robotyki w maszynach budowlanych

### Maszyny do prac ziemnych ze zdalnym sterowaniem

Wielu producentów sprzętu budowlanego oferuje maszyny ze zdalnym sterowaniem. Są one sterowane skrzynką sterowniczą lub pulpitem. Sygnał przekazywany jest przewodowo (coraz rzadziej) lub radiowo. Przykład takiego pulpitu, oferowanego przez firmę Radioster, przedstawiono na rys. 1 [4].

Koparka podsiębierna EL 200B firmy Caterpillar już pod koniec lat 90. XX w. mogła być wyposażona w system zdalnego sterowania radiowego, które odbywa się za pomocą pulpitu podobnego do wspomnianego powyżej. Cylindry układu roboczego koparki oraz napęd jazdy są sterowane za pomocą dźwigni na pulpicie. Dwie kamery wideo (zamontowane na zewnątrz koparki)



Rys. 1. Pulpit zdalnego sterowania maszyną roboczą [4]  
Fig.1. Control panel for construction machines [6]



Rys. 2. Koparka do szybów Kayaba System Machinery Co., Ltd. [5]  
Fig. 2. Shaft excavator Kayaba System Machinery Co., Ltd. [5]

przesyłają obraz miejsca pracy. Trzecia kamera (w kabinie) informuje o wskazaniach przyrządów pomiarowych [2]. Obecnie jest to rozwiązanie archaiczne, bowiem na ten moment wykorzystuje się rozwiązania znane z rzeczywistości wirtualnej (VR). Innym przykładem maszyn zdalnie sterowanych jest koparka do szybów firmy Kayaba System Machinery Co, Ltd., przedstawiona na rys. 2.

Obok zdalnie sterowanych, pojedynczych maszyn, opracowano również koncepcje systemu zdalnego sterowania całych zestawów maszyn, wykonujących prace ziemne. Idea tego typu rozwiązań powstała również pod koniec XX w. Obecnie znajduje praktyczną realizację w kilku obszarach – przede wszystkim w zakładach górnictwa odkrywkowego, które ze względu na ustaloną strukturę organizacyjną nadają się do tego najlepiej.

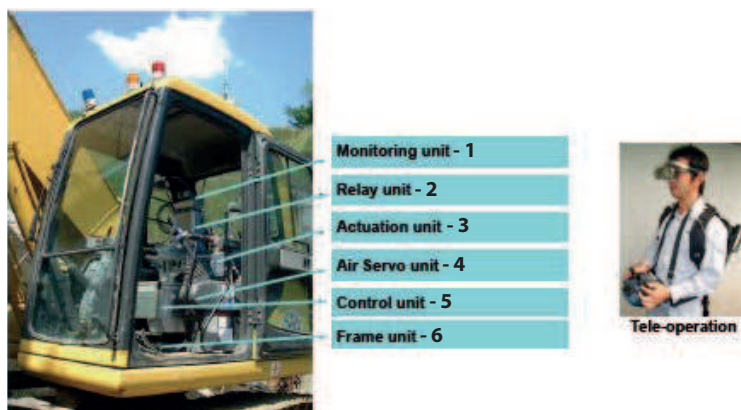
W skład tych systemów mogą wchodzić także maszyny do innych rodzajów prac budowlanych. Można

wymienić trzy następujące przykłady systemów zdalnego sterowania zestawów maszyn:

- zdalne sterowanie maszyn do prac ziemnych firmy Fujita (rys. 3, [6]),
- automatyczne sterowanie wywrotkami samochodowymi Komatsu Ltd. [3],
- zdalne zarządzanie sprzętem budowlanym z wykorzystaniem GPS – system Komtrax Komatsu Ltd. (rys. 4 [3]).

### Automatyzacja prac ziemnych w kesonach

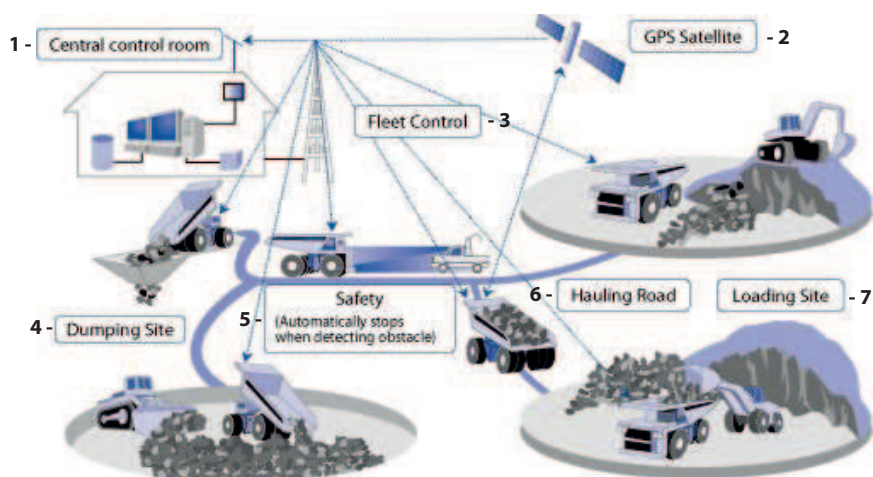
Kesony stosowane są w pracach podwodnych i fundamentowych przy występowaniu kurzawki. Z uwagi na zagrożenie dla obsługi, związane z pracą w pomieszczeniu o wysokim ciśnieniu i chorobą kesonową, występującą przy zbyt szybkim przechodzeniu z do przestrzeni o ciśnieniu atmosferycznym, wyeliminowanie bezpośredniej obsługi w kesonie dzięki automatyzacji



1 – monitoring unit – zespół monitorujący (otoczenie), 2 – relay unit – zespół przekaźników, 3 – actuation unit – zespół wykonawczy, 4 – air servo unit – wspomaganie pneumatyczne, 5 – control unit – układ sterowanie, 6 – frame unit – zespół ramy kabiny

Rys. 3. System zdalnego sterowania radiowego firmy Fujita Co. [6]

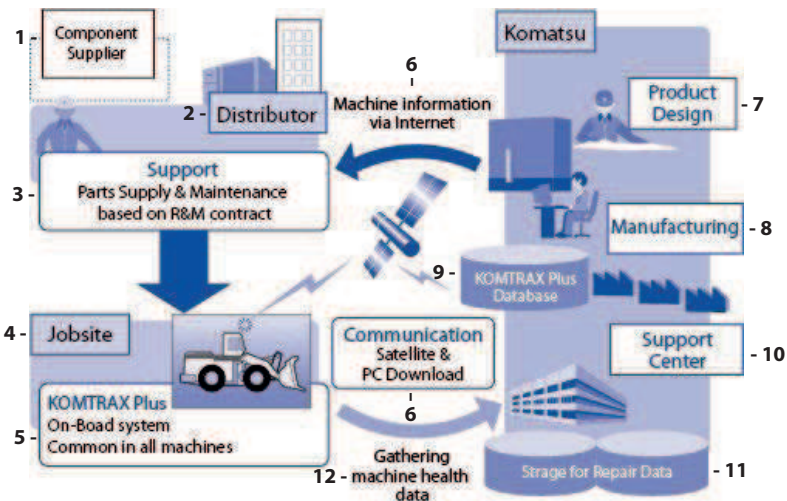
Fig. 3. Radio control system Fujita Co. [6]



1 – central control room – centrala sterowania i nadzoru, 2 – GPS satellite – satelita GPS, 3 – fleet control – nadzór nad flotą maszyn, 4 – dumping site – strefa wyladunku, 5 – safety (automatically stops when detecting obstacles) – bezpieczeństwo (automatyczne wstrzymanie pracy w przypadku wystąpienia przeszkód), 6 – hauling road – trasa transportu urobku, 7 – loading site – strefa urabiania i załadunku

Rys. 4. System zdalnego sterowania maszyn do prac ziemnych firmy Komatsu Ltd. [3]

Fig. 4. Remote control system for earth moving machines Komatsu Ltd. [3]

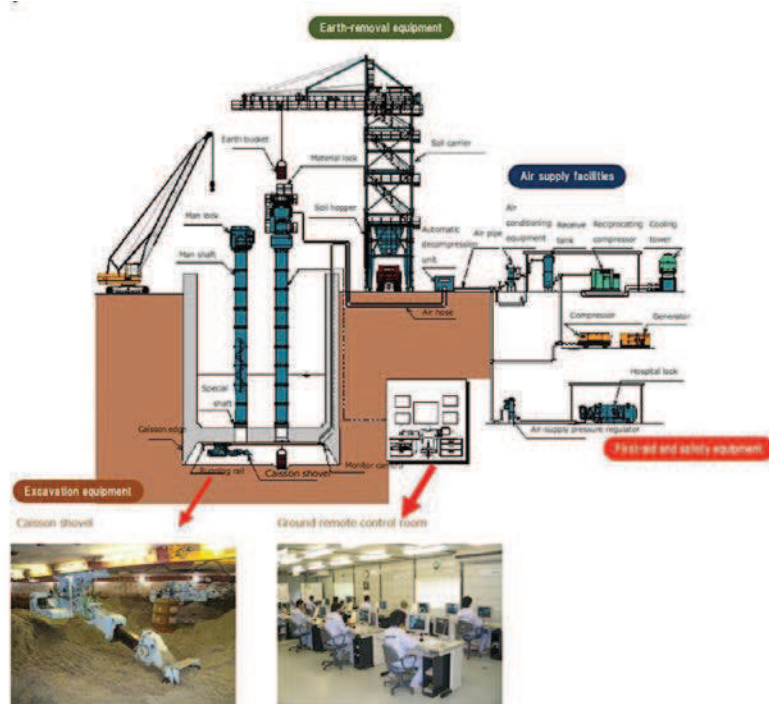


1 – component supplier – dostawca części, 2 – distributor – dystrybutor, 3 – support parts supply and maintance based on R&M contract – wsparcie (użytkownika maszyny), dostawa części i obsługa (maszyn) oparta na zasadach umownych, 4 – jobsite – miejsce pracy (maszyny), 5 – komtrax plus on-board system common in all machines – pokładowy system Komtrax Plus, wspólny dla wszystkich rodzajów maszyn (Komatsu), 6 – machine information via Internet – informacja o stanie maszyny przekazywana przez Internet, Communication Satellite & PC Download – satelita komunikacyjny i komputer PC, 7 – product design – konstruowanie maszyny, 8 – manufacturing – produkcja, 9 – Komtrax Plus Database – baza danych systemu Komtrax Plus, 10 – support center – centrum wsparcia, 11 – storage for repair data – baza danych o naprawie maszyn, 12 – gathering machine health data – zbieranie danych dot. stanu technicznego maszyn

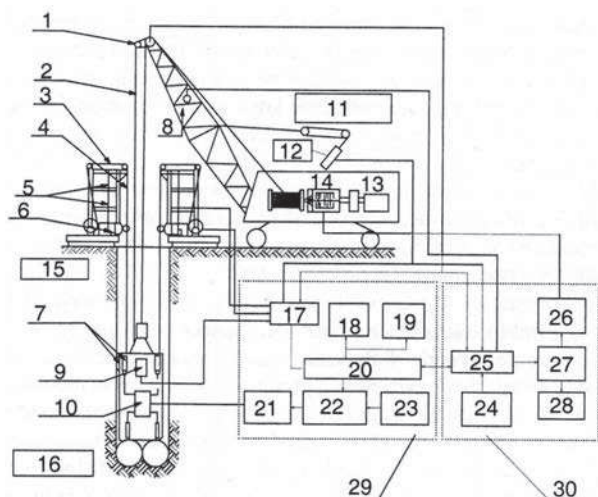
Rys. 5. Struktura systemu Komtrax zarządzania sprzętem o zasięgu globalnym – firma Komatsu Ltd. [3]  
 Fig.5. The global range Komtrax management system – Komatsu Ltd. [3]

prac jest bardzo pożądane. Wyeliminowanie obecności ludzi w kesonie również podnosi efektywność ekonomiczną wykonywanych prac. Istnieje wiele systemów realizujących to zadanie. Ich wspólną cechą jest wyeliminowanie bezpośredniej obsługi w kesonie i zdalne

sterowanie urządzeń z pomieszczenia znajdującego się na poziomie gruntu. Przykładem jest bezzałogowy system prac w kesonie (zdalny system sterowania z poziomu gruntu) – firmy Shiraishi Corporation (rys. 6) [7].



Rys. 6. System wykonywania robót w kesonie firmy Shiraishi Corporation [7]  
 Fig. 6. Caisson fabricating system Shiraishi Corporation [7]



Rys. 7. Automatyczny system wykonania wykopów pod ściany szczelinowe firmy Konoike:

1 – czujnik kąta obrotu, 2 – linka do pomiaru głębokości wykopu, 3 – konstrukcja wsporcza do urządzeń pomiarowych, 4 – linka odwzorowująca, 5 – pochylomierz konstrukcji wsporczej, 6 – czujnik z rozgałęźnikowym układem pomiarowym, 7 – nastawny prowadnik, 8 – pochylomierz wysięgnika, 9 – pochylomierz, 10 – zespół hydrauliczny, 11 – maszyna wiodąca (żuraw), 12 – czujnik do pomiaru obciążenia, 13 – silnik, 14 – hamulec, 15 – przyrządy pomiarowe, 16 – koparka, 17 – jednostka wejście/wyjście, 18 – lampka elektronapromieniowa, 19 – monitor TV, 20 – komputer osobisty, 21 – moduł sterujący, 22 – pomiar nierówności ścian wykopu, 23 – panel sterujący, 24 – moduł nastawczy, 25 – komputer, 26 – moduł sterujący, 27 – zespół sterujący, 28 – monitor, 29 – układ pozycjonowania koparki, 30 – układ kontroli obciążeń na koparce [2]

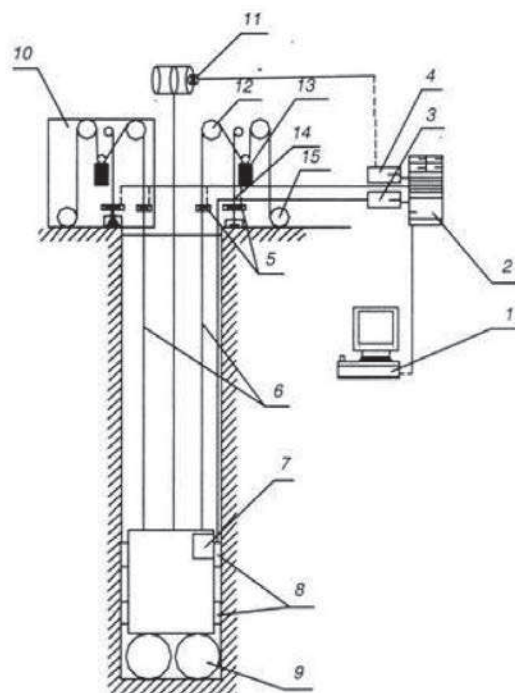
Fig. 7. Automated diaphragm wall excavation system

1 – rotary encoder, 2 – excavation depth measure wire, 3 – measure device basement, 4 – encode wire, 5 – tower inclinometer, 6 – sensor with multiway measure system, 7 – adjustable guidance, 8 – boom inclinometer, 9 – inclinometer, 10 – hydraulic unit, 11 – base machine (crane), 12 – load measure device, 13 – engine, 14 – brake, 15 – measure devices, 16 – excavator, 17 – data in/out device, 18 – cathode ray tube, 19 – CCTV display, 20 – PC computer, 21 – control unit, 22 – excavation wall measure unit, 23 – control panel, 24 – set-up unit, 25 – computer, 26 – control unit, 27 – control system, 28 – display, 29 – excavator placement unit, 30 – excavator load measure unit [2]

### Automatyzacja wykonawstwa wykopów wąskoprzestrzennych pod ściany szczelinowe

Decydujące o jakości ściany szczelinowej są parametry dokładności geometrycznej wykonania wykopu. Wpływ na to mają m.in. właściwości zawiesiny stabilizującej grunt w trakcie kopania. Tak więc systemy automatycznego sterowania koparkami do wykopów wąskoprzestrzennych mają dwa podstawowe zadania – zapewnienie dokładności wymiarowej wykonania wykopu oraz kontrolę właściwości płuczki.

Na rynku występuje kilka zautomatyzowanych systemów zapewniających osiągnięcie tych celów. Są to m.in. produkty firm Konoike Construction Co Ltd. (rys. 7), Obayashi Co., Kajima Co., Taisei Co. (rys. 8).



Rys. 8. Schemat układu sterowania do dokładnego pozycjonowania koparki do wykopów pod ściany szczelinowe firmy Taisei Co.: 1 – monitor do wyświetlania danych, 2 – procesor danych, 3 – pochylomierz, 4 – przyrząd do pomiaru głębokości, 5 – przyrząd laserowy do pomiaru przemieszczeń, 6 – linka odwzorowująca położenie koparki, 7 – pochylomierz, 8 – nastawne prowadniki, 9 – koparka, 10 – wysokiej dokładności zespół sterowania położenia koparki [2]

Fig. 8. Precise positioning control system for diaphragm Wall excavator – Taisei Co.:

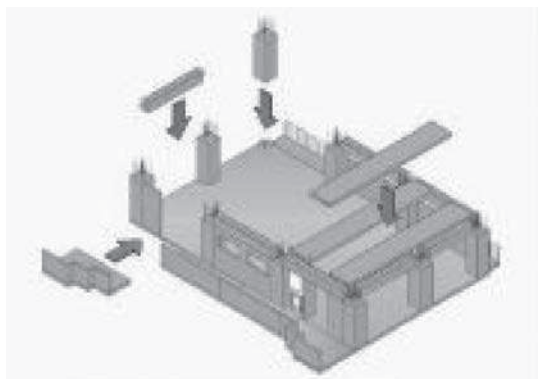
1 – data display, 2 – data processor, 3 – inclinometer, 4 – depth measure device, 5 – displacement measure laser device, 6 – excavator placement measure wire device, 7 – inclinometer, 8 – adjustable guidance, 9 – excavator, 10 – high accuracy excavator's control system

### Zautomatyzowane Systemy Realizacji Budynków Wysokich (Design for Robotic Construction DfRC)

Czwarta generacja robotów budowlanych znalazła zastosowanie głównie w zautomatyzowanych systemach realizacji wysokich budynków (Automated Building Construction Systems – ABCS). Najnowocześniejsze roboty stosowane są tu do:

- automatycznego transportu poziomego i pionowego elementów nośnych i ścian osłonowych,
- pozycjonowania i zamocowania elementów nośnych i wykończeniowych w miejsce ich budowania,
- prac wykończeniowych.

Idea ABCS polega na zsynchronizowaniu i zintegrowaniu na terenie budowy wszystkich czynności zmierzających do wybudowania kompletnego budynku. Istotne jest, aby uwzględnić wpływ poprzednich etapów procesu wznoszenia budynku na końcowy rezultat. W większości przypadków jest to prefabrykacja i logistyka transportu i magazynowania. Roboty montażowe „on-situ” mogą nie poradzić sobie z niedokładnościami elementów prefabrykowanych. Również czas i moment dostawy istotnie wpływa na przebieg procesu wznoszenia budynku. Te



Rys. 9. Koncepcja i realizacja systemu „Big Canopy” [8]  
Fig. 9. The „Big Canopy” concept and realization [8]

i wiele innych sytuacji może doprowadzić do utraty zalet wynikających z automatyzacji budowy.

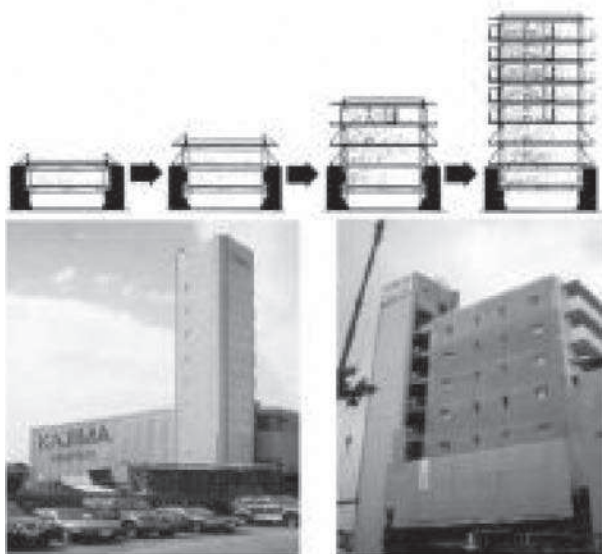
System „Big Canopy” firmy Obayashi jest przykładem odpowiedzi na związane z tym wyzwania. Jego cechą charakterystyczną jest dach tymczasowy, wspierający się na czterech słupach, rozpostarty nad wznoszoną strukturą. Przemieszcza się on górną w miarę postępów w budowie. System ten wykorzystuje elementy prefabrykowane i powstające na miejscu „in situ”. Transport pionowy i poziomy wykorzystuje automatyczne żurawie i podesty oraz roboty, pozwalające na przemieszczanie i orientację elementów konstrukcyjnych w trakcie montażu. System ten powstał w Japonii w połowie lat 80. XX w. i dalej jest rozwijany. Swoje zalety ujawnił w ciągu kilkudziesięciu lat stosowania.

Innym przykładem podejścia ABCS jest system AMURAD firmy Kajima. W przeciwieństwie do „Big Canopy” wznoszenie budynku rozpoczyna się od ostatniego poziomu. W kolejnych etapach jest on sukcesywnie

podnoszony. Dzięki temu montaż elementów poszczególnych pięter odbywa się zawsze na najniższym poziomie.

#### LITERATURA

- [1] Szlagowski J. 2010. „Automatyzacja pracy maszyn roboczych. Metodyka i zastosowania”. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- [2] Budny E. 2001. „Napęd i sterowanie układów hydraulicznych w maszynach roboczych”. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji.
- [3] [http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/product\\_supports/](http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/product_supports/), dostęp 04.2016.
- [4] Hetronic. Karta katalogowa pulpitu GR, <http://www.hetronic.pl/products/6/pdf/GR.pdf>, dostęp 04.2016.
- [5] [https://www.kyb-ksm.co.jp/english/products/construction\\_machinery/construction\\_machinery-0021.html](https://www.kyb-ksm.co.jp/english/products/construction_machinery/construction_machinery-0021.html), dostęp 04.2016.
- [6] <http://www.fujita.com/uploads/technologies/6/RoboQ>, dostęp 04.2016.
- [7] [http://www.orsc.co.jp/english/tec/newm\\_v2/ncon02.html](http://www.orsc.co.jp/english/tec/newm_v2/ncon02.html), dostęp 04.2016.
- [8] Bock T. et. al. 2012. “Advanced Construction and Building Technology for Society Proceedings of the CIBW119 CIC 2012 Workshop Laboratory of Building Realization and Robotics”. Technische Universität München (TUM).



Rys. 10. System AMURAD, koncepcja i realizacja [8]  
Fig. 10. AMURAD system, concept and realization [8]

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Budny – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa

Dr inż. Mirosław Chłosta – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa, e-mail: m.chlosta@imbigs.pl

# ANALIZA KOSZTÓW KONFIGURACJI I MONTAŻU UCHWYTÓW MODUŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE OBRÓBKI DŹWIGNI DWUSTRONNEJ

## *Cost analysis of the configuration and the assembly of modular handles on the example of processing of the double-sided lever*

Adam BARYLSKI

**Streszczenie:** Przedstawiono problematykę zastosowania modułowych uchwytów przedmiotowych w operacjach obróbkowych. Podano przykłady konfiguracji tego typu oprzyrządowania w obróbce dźwigni dwustronnej. Wyznaczono koszt zakupu elementów oprzyrządowania oraz montażu i użytkowania uchwytów na przykładzie dwóch firm. Analizowano wpływ ilości mocowanych jednocześnie elementów do obróbki na koszt oprzyrządowania modułowego. Rozwiązaniem najkorzystniejszym okazało się zastosowanie prostokątnej płyty bazowej, umożliwiającej obróbkę dźwigni w dwóch zamocowaniach.

**Słowa kluczowe:** oprzyrządowanie obróbkowe, uchwyty modułowe, koszt, analiza

**Abstract:** Issues of using modular object handles in machining operations were presented. Examples of the configuration of the instrumentation of this type were given in processing to the double-sided lever. The cost of purchase of elements of the instrumentation as well as the assembly and handles usage based on examples provided by two companies was set. An influence of the number of simultaneously fixed elements for processing on cost of modular instrumentation was analysed. Application of rectangular plate base turned out to be most favourable solution, enabling processing of the lever in two handles.

**Keywords:** machining instrumentation, modular object handles, cost, analysis

### Wstęp

Obecnie w praktyce produkcyjnej, oprócz standardowych (handlowych) uchwytów uniwersalnych, czy konstruowanych przedmiotowych uchwytów specjalnych (niekiedy i tzw. specjalizowanych), coraz częściej stosowane są konstrukcje modułowe (składane). Można je dostać w większym i mniejszym zestawie elementów ustalających, mocujących i innych, w zależności od potrzeb. Jest to istotna dogodność, szczególnie w dominującej obecnie elastycznej produkcji małoseryjnej (niekiedy i jednostkowej) oraz seryjnej. Liczni producenci tego rodzaju oprzyrządowania permanentnie rozszerzają swoje oferty dla odbiorców z wielu branż.

Konfigurując tego rodzaju oprzyrządowanie przedmiotowe należy, co oczywiste, przeanalizować nie tylko celowość zastosowania konkretnych elementów katalogowych, lecz także ocenić koszty ich wykorzystania w realizowanych procesach technologicznych. Montaż uchwytów modułowych odbywa się ręcznie. Czas montażu nie jest długi, wykonywany zwykle przez doświadczonych pracowników. Wysoka jakość wymiarowa poszczególnych elementów uchwytu oraz stan ich warstwy wierzchniej umożliwia użycie w operacjach obróbkowych nowoczesnych narzędzi i podwyższonych prędkości skrawania [1].

Na koszt (roczny) stosowania uchwytu modułowego  $K_u$  (z elementami specjalnymi) składa się [2]:

$$K_u = K_a + K_k + K_{ps} + (K_{pn} + K_{wn}) T_w^{-1} + K_d \quad (1)$$

gdzie:

$K_u$  – koszty amortyzacji,  $K_k$  – koszty magazynowania i konserwacji,  $K_{ps}$  – koszty przygotowania do pracy,  $K_{pn}$  – koszty projektowania elementów specjalnych,  $K_{wn}$  – koszty wykonania elementów specjalnych,  $T_w$  – czas eksploatacji (w latach),  $K_d$  – koszty demontażu uchwytu.

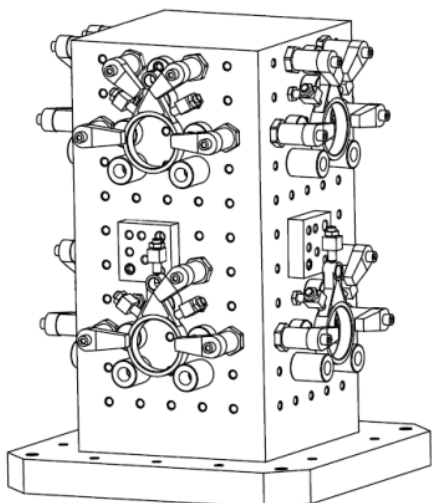
### Konstrukcja uchwytów modułowych

Analizę kosztów przeprowadzono dla przypadku oprzyrządowania stosowanego w procesie technologicznym żeliwnej dźwigni dwustronnej [3]. Obróbka wykonywana jest na frezarce BFN2115-CNC (5-osiowej), przy przestrzeni roboczej  $750 \times 1000 \times 500$  mm.

W przypadku zastosowania czterościennej bazowej podstawy pionowej (rys. 1) możliwe jest zamocowanie 8 uchwytów (dla jednoczesnej obróbki dźwigni). Uchwyty dolne umożliwiają frezowanie powierzchni czołowych (z obu stron) oraz wykonanie otworów głównych, zaś uchwyty górne – wiercenie i gwintowanie otworu poprzecznego (w stosunku do otworów głównych).

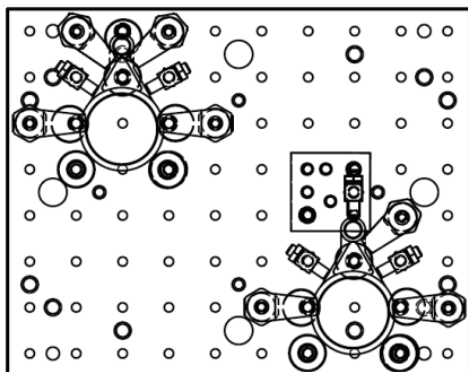
Jeśli wykorzystamy podstawę prostokątną (rys. 2) możliwe jest rozmieszczenie dwóch uchwytów (obróbka jednej dźwigni w dwóch zamocowaniach), przy czym uchwyt w lewym górnym rogu płyty służy do wykonania otworu poprzecznego.





Rys. 1. Podstawa bazowa czterościenne z elementami uchwytów (zestawienie A)

Fig. 1. Four-wall base with elements of handles (list A)



Rys. 2. Zastosowanie prostokątnej płyty bazowej (zestawienie B)

Fig. 2. Application of the rectangular base plate (list B)

Konfigurację wykorzystywanych elementów uchwytów przedstawiono również na rys. 3.

W skład uchwytu I (rys. 3a) wchodzi: podpora dystansowa (1), cztery śruby z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym (2), dwie łapy hakowe obsadzone (60) (3), dwie śruby pasowane (4), łapa hakowa obsadzona (50) (5), trzy nastawne elementy separujące (6), okrągły element podporowy (7), dwa mimośrodowe elementy podporowe (8) oraz dwie precyzyjne podpory dystansowe (9). W przypadku uchwytu II (rys. 3b) nie występuje podpora dystansowa, zaś dodatkowo – łapa hakowa obsadzona 50.

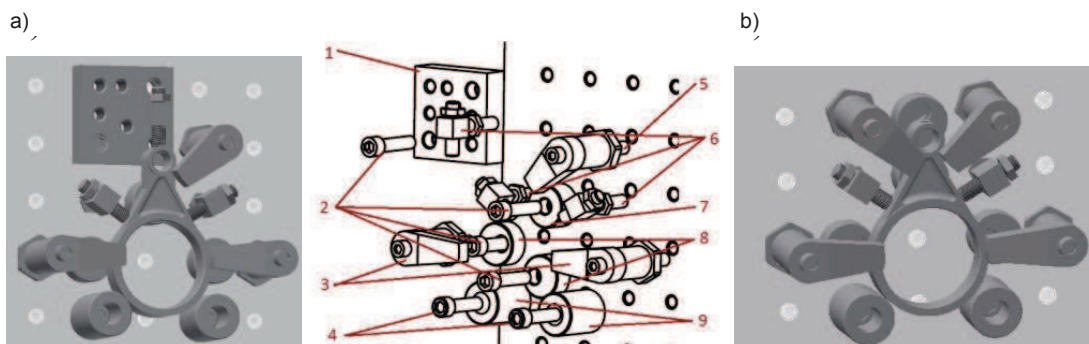
### Analiza kosztów uchwytów

W tab. I-VIII przedstawiono koszty zestawionych uchwytów modułowych, wykorzystując elementy firmy Kipp [4] i Carr Lane [5].

Tabela I. Koszty elementów uchwytu I (firmy Kipp)

Table I. Costs of elements of the handle I (company Kipp)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Podpora dystansowa	1	408,87
2	Śruba z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym – M12	4	1,79
3	Łapa hakowa obsadzona – 60	2	235,62
4	Śruba pasowana – M12	2	21,71
5	Łapa hakowa obsadzona – 50	1	229,57
6	Element separujący nastawny	3	70,48
7	Element podporowy okrągły	1	76,40
8	Element podporowy mimośrodowy	2	92,99
9	Podpora dystansowa precyzyjna	2	128,90
Suma:			1 897,88



Rys. 3. Konfiguracja uchwytu modułowego do obróbki: a) powierzchni czołowych i otworów głównych – uchwyt I, b) otworu poprzecznego – uchwyt II

Fig. 3. Configuration of the modular handle for processing: a) of faces and main holes – handle I, b) of crosswise hole – handle II

Tabela II. Koszty elementów uchwytu II (firmy Kipp)  
Table II. Costs of elements of the handle II (company Kipp)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Śruba z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym – M12	4	1,79
2	Element separujący nastawny	2	70,48
3	Śruba pasowana – M12	2	21,71
4	Łapa hakowa obsadzona – 50	2	229,57
5	Element podporowy okrągły	1	76,40
6	Element podporowy mi- mośrodkowy	3	92,99
7	Łapa hakowa obsadzona – 60	2	235,62
8	Podpora dystansowa pre- cyzyjna	2	128,90
Suma:			1 738,09

Tabela III. Koszty łączne (zestawienie A, firma Kipp)  
Table III. Total costs (balance sheet A, company Kipp)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Płyta bazowa pionowa czterostronna	1	30 280,11
2	Kołek ustalający – M12	1	80,09
3	Śruba z łbem walcowym DIN 912 – M16	2	28,60
4	Kołek centrujący do otworu środkowego	1	342,80
5	Elementy uchwytu I	4	1 897,88
6	Elementy uchwytu II	4	1 738,09
Suma:			45 304,08

Tabela IV. Koszty łączne (zestawienie B, firma Kipp)  
Table IV. Total costs (balance sheet B, company Kipp)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Płyta z siatką otworów	1	6 819,04
2	Kołek ustalający – 30	2	120,69
3	Śruba z łbem walcowym DIN 912 – M12	2	25,85
4	Nakrętka do rowka teowego DIN 508	2	5,75
5	Elementy uchwytu I	1	1 897,88
6	Elementy uchwytu II	1	1 738,09
Suma:			10 759,59

Tabela V. Koszty elementów uchwytu I (firmy Carr Lane)  
Table V. Costs of elements of the handle I (company Carr Lane)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Podpora dystansowa	1	533,28
2	Śruba z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym	4	3,64
3	Łapa hakowa obsadzona – 60	2	461,78
4	Śruba pasowana	2	42,02
5	Łapa hakowa obsadzona – 50	3	361,58
6	Zaciski	3	140,63
7	Element podporowy okrągły	3	103,02
8	Podpora dystansowa pre- cyzyjna	2	161,60
Suma:			3 694,33

Tabela VI. Koszty elementów uchwytu II (firmy Carr Lane)  
Table VI. Costs of elements of the handle II (company Carr Lane)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Śruba z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym	4	3,64
2	Zaciski	2	140,63
4	Śruba pasowana	2	42,02
5	Łapa hakowa obsadzona – 50	2	361,58
6	Element podporowy okrągły	5	103,02
7	Łapa hakowa obsadzona – 60	2	461,78
8	Podpora dystansowa pre- cyzyjna	2	161,60
Suma:			2 864,88

Tabela VII. Koszty łączne (zestawienie A, firma Carr Lane)  
Table VII. Total costs (list A, company Carr Lane)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Płyta bazowa pionowa czterostronna	1	35 390,40
2	Kołek ustalający	1	58,58
3	Śruba z łbem walcowym	2	43,83
4	Kołek centrujący do otworu środkowego	1	195,94
5	Elementy uchwytu I	4	3 694,33
6	Elementy uchwytu II	4	2 864,88
Suma:			61 969,42

Tabela VIII. Koszty łączne (zestawienie B, firma Carr Lane)  
Table VIII. Total costs (list B, company Carr Lane)

Nr	Nazwa elementu	Liczba	Cena jednostkowa [PLN]
1	Płyta z siatką otworów	1	14 907,60
2	Kolek ustalający	2	131,30
3	Śruba z łbem walcowym	2	42,02
4	Nakrętka do rowka teowego	2	13,74
5	Elementy uchwytu I	1	3 694,33
6	Elementy uchwytu II	1	2 864,88
Suma: 21 840,93			

Oferta handlowa firmy Kipp i Carr Lane nieznacznie się różni, lecz w opracowanych uchwytach niektóre elementy można było zastąpić ich zbliżonymi odpowiednikami. W drugim przypadku elementy podporowe mimośrodowo zastąpiono okrągłymi, zaś nastawne elementy separujące – zaciskami. W analizie kosztów przyjęto przelicznik 1\$ = 4,04 PLN (obowiązujący 30.11.2015 r.).

Korzystając ze wzoru (2) można wyznaczyć koszt (roczny) zakupionego uchwytu modułowego  $K_{um}$  (bez elementów specjalnych), przyjmując, że koszt magazynowania i konserwacji elementów odpowiada 20% ceny zakupu. Tak więc:

$$K_{um} = 1,2 K_{us} + n_p(s_p t_p + K_{sp}) + K_{us}/T_w + s_m t_m n_m + s_d t_d n_d \quad (2)$$

gdzie:

$K_{us}$  – cena elementów uchwytu,  $K_{sp}$  – koszty specjalne projektowania (nie ujęte oddzielnie we wzorze),  $n_p$  – ilość składanych (konfigurowanych) uchwytów,  $s_p$  – stawka godzinowa projektowania,  $s_m$  i  $s_d$  – stawka godzinowa – odpowiednio przy montażu i demontażu (przyjęto  $s_p = s_m = s_d = 15$  PLN/godz.),  $t_p$  – czas projektowania (3 godz.),  $t_m$  – czas montażu (4 godz.),  $t_d$  – czas demontażu (3 godz.),  $n_d$  – ilość uchwytów demontowanych.

W danym przypadku obliczone koszty łączne zastosowania uchwytów (zestawienia A i B) wynoszą odpowiednio:

- uchwytu I – 64 455,71 (firmy Kipp) oraz 87 787,19 PLN (firmy Carr Lane),
- uchwytu II – 15 463,43 (firmy Kipp) oraz 30 937,30 PLN (firmy Carr Lane).

Jak wynika z przedstawionych obliczeń, największe różnice wynikają z kosztów płyt (podstaw) bazowych. Podejmując decyzję o wdrożeniu w firmie danego systemu oprzyrządowania należy każdorazowo poprzedzić ją odpowiednią analizą ekonomiczną. Przedstawione tu obliczenia są jedynie studium wybranego przypadku.

#### Podsumowanie

Koszty związane z wykorzystaniem uchwytów modułowych związane są nie tylko z ich amortyzacją, montażem i demontażem zespołów oraz magazynowaniem, ale przede wszystkim wpływa na nie cena poszczególnych elementów, proponowanych przez wielu obecnych na rynku producentów tego typu oprzyrządowania. Podejmując decyzję o aplikacji tego rodzaju uchwytów w praktyce należy mieć na względzie stopień ich wykorzystania, a szczególnie niezbędnych płyt (podstaw) bazowych. Decyzje te są szczególnie istotne w przypadku elastycznej produkcji jednostkowej i małoseryjnej wyrobów.

#### LITERATURA

- [1] Brukszta A. 2000. „Sposoby zwiększania sztywności modułowych uchwytów składanych”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (4): 29–31.
- [2] Cebulewski R. 1988. „Ekonomiczne kryteria stosowania uchwytów przedmiotowych w elastycznych systemach obróbkowych przedmiotów korpusowych”. Materiały II Konf. Nauk.-Tech. nt. „Oprzyrządowanie Obróbki Skrawaniem. Konstrukcja. Technologia. Efekty”. Białystok: Fabryka Przyrządów i Uchwytów, 70–86.
- [3] Sadłowska I. 2016. „Analiza kosztów uchwytów modułowych w wybranych operacjach technologicznych”. Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, praca dyplomowa.
- [4] Katalog firmy Kipp. 2015. Systemy mocujące, Wrocław.
- [5] <https://www.carllane.com/>, dostęp 26.11.2015.

---

Prof. dr hab. inż. Adam Barylski – kierownik Katedry Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail: abarylsk@pg.gda.pl

# ZASTOSOWANIE METODY FMEA DO OCENY JAKOŚCI MONTAŻU NIEROZŁĄCZNEGO (LUTOWANIA) WYBRANYCH WYROBÓW

## *Implementation of FMEA method for quality assessment of inseparable assembly (brazing)*

Katarzyna PETA, Jan ŻUREK, Marcin WIŚNIEWSKI, Arkadiusz PIETROWIAK

**Streszczenie:** W pracy omówiono sposoby doskonalenia jakości połączeń lutowanych w wybranych wyrobach. Szczególną uwagę zwrócono na metodę FMEA, zwaną analizą przyczyn i skutków potencjalnych niezgodności procesu lub wyrobu. Głównym celem jej stosowania jest systematyczna ocena ryzyka pojawiania się niezgodności procesu lub wyrobu, obejmująca identyfikację wad krytycznych, w tym źródeł ich występowania oraz planowanie działań prewencyjnych. W tym celu oblicza się liczby priorytetowe ryzyka RPN, uwzględniające: częstość, znaczenie i wykrywalność niezgodności, a następnie dokonuje się wyodrębnienia tych krytycznych, dla których podejmuje się działania zapobiegawcze. W celu oceny jakości połączeń lutowanych w wybranym wyrobie przedstawiono przykładową analizę FMEA oraz omówiono wady i zalety jej praktycznego zastosowania.

**Słowa kluczowe:** połączenia montażowe, FMEA, jakość montażu

**Abstract:** The paper describes methods for improve the quality of brazed joints in chosen products. Particular attention was paid to the FMEA method, called failure mode and effects analysis of potential product or process incompatibilities. The main purpose of its use is the systematic assessment of the risk of the appearance of incompatibilities of process or product, including the identification of critical defects, the sources of their occurrence and planning of preventive actions. For this purpose, is calculated risk priority number RPN, taking into account: the frequency, importance and detectability of incompatibilities. After selection of the most critical of them is planned to take preventive action. In order to assess the quality of brazed joints in a selected product an exemplary FMEA was presented. The paper also presents the advantages and disadvantages of its practical application.

**Keywords:** assembly joints, FMEA, assembly quality

### Wprowadzenie

Jednym z ważniejszych celów przedsiębiorstw jest zminimalizowanie lub wyeliminowanie ryzyka wystąpienia wad wyrobu podczas procesu produkcyjnego oraz eksploatacji w okresie gwarancyjnym. Tematyką tą zajmuje się dziedzina nauki skoncentrowana na analizie ryzyka, która obejmuje: identyfikację, ocenę, działania prewencyjne oraz monitorowanie i kontrolę potencjalnego ryzyka [1]. W tym celu stosuje się metody jakościowe i ilościowe, które uzupełniają się wzajemnie. Te pierwsze ukierunkowane są na identyfikację, zdefiniowanie rodzajów, przyczyn i skutków ryzyka, natomiast drugie na określeniu jego poziomu w ujęciu ilościowym [2, 3]. Najczęściej stosowanymi, a zarazem uniwersalnymi metodami z zakresu analizy ryzyka są [4]:

- metoda „co, jeśli?” – SWIFT (Structured What-If Technique),
- analiza „drzewa błędów” – FTA (Fault Tree Analysis),
- analiza „drzewa zdarzeń” – ETA (Event Tree Analysis),
- analiza „przyczyn i skutków wad” – FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

### Metoda FMEA

FMEA jest jedną z najskuteczniejszych i najczęściej stosowanych metod w przemyśle motoryzacyjnym, którą uwzględniono w specyfikacji technicznej ISO/TS 16949:2009, określającej standardy systemów jakości globalnego przemysłu motoryzacyjnego [5, 6].

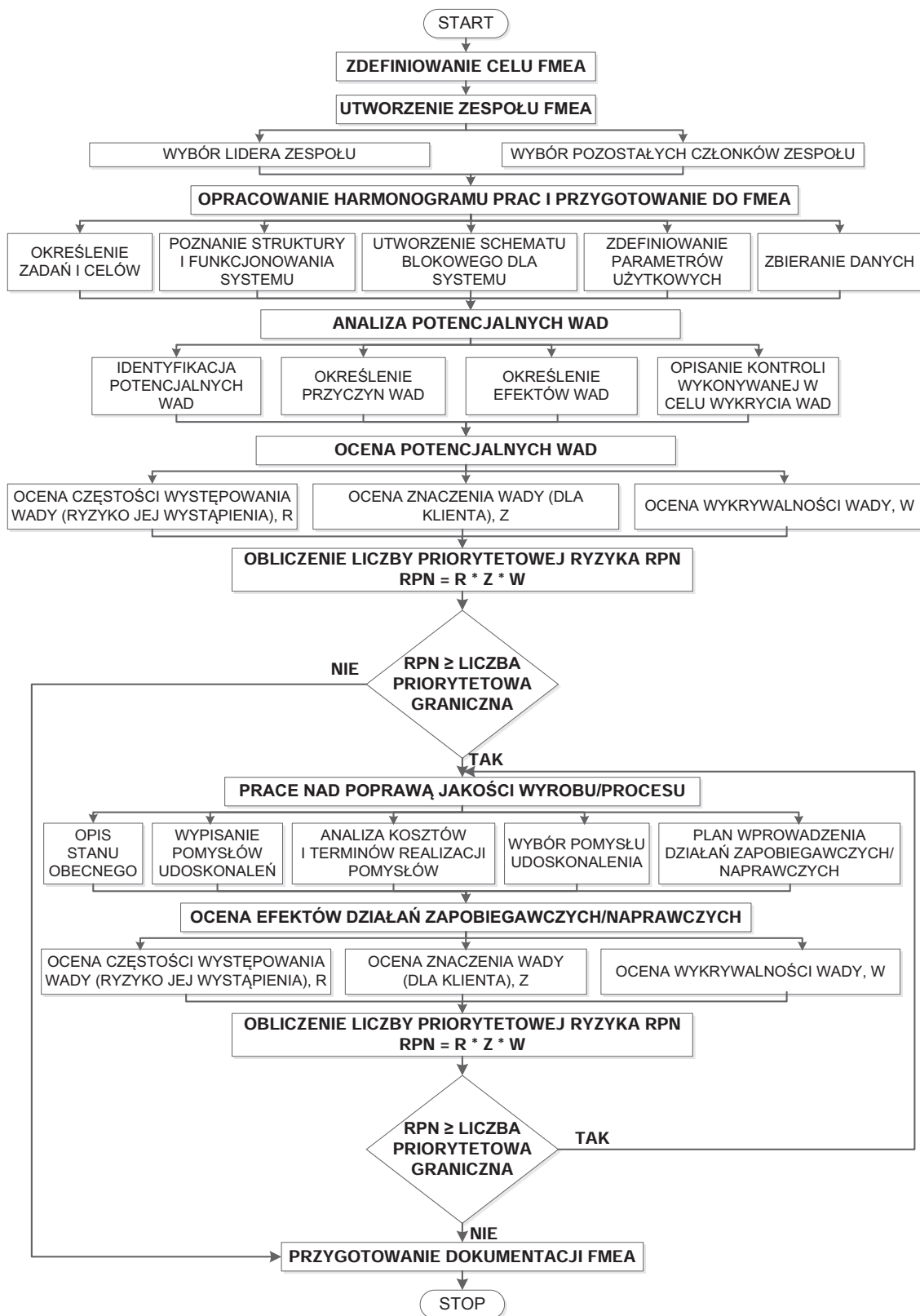
Metoda FMEA pozwala na wykrycie potencjalnych nieprawidłowości na etapie projektowania wyrobu lub procesu, a w konsekwencji na ograniczenie negatywnych skutków ich wystąpienia w procesie produkcyjnym lub w fazie eksploatacji. Głównymi jej etapami są: analiza jakościowa potencjalnych wad, ich ocena ilościowa oraz zaproponowanie działań korygujących lub naprawczych. Zadania w zasadniczej części FMEA polegają na identyfikacji potencjalnych nieprawidłowości wyrobu, podzespołu, elementu konstrukcyjnego, procesu technologicznego lub dowolnej operacji, a następnie określeniu ich potencjalnych przyczyn i skutków. Dodatkowo analizuje się sposoby kontroli stosowane w celu wykrycia ewentualnych wad. W kolejnym etapie przydziela się wartości liczbowe z zakresu 1-10 trzem współczynnikom ryzyka: częstości,

Tabela I. Kryteria oceny częstości, znaczenia i wykrywalności wad (opracowano na podstawie [1, 7])  
 Table I. Criteria to evaluate the Occurrence, Detection and Severity of defects (prepared on the basis of [1, 7])

Ocena	Częstość wady, R	Znaczenie wady, Z	Wykrywalność wady, W
1	Rzadziej jak raz na 5 lat	Brak uszkodzeń / Wada nie ma wpływu na użytkowanie	Niezwykle duża / kontrola 100-procentowa i dodatkowe zabezpieczenia
2	Raz na 3-5 lat	Bardzo niewielkie uszkodzenie / nieznaczne pogorszenie właściwości wyrobu	Bardzo duża / kontrola 100-procentowa i dodatkowe zabezpieczenia
3	Raz na 1-3 lata	Niewielkie uszkodzenie / nieznaczne pogorszenie właściwości wyrobu	Duża / wada jest dobrze widoczna
4	Raz na rok	Bardzo małe uszkodzenie / umiarkowane niezadowolenie klienta	Więcej jak średnia / wada jest dobrze widoczna
5	Raz na 6 miesięcy	Małe uszkodzenie / umiarkowane niezadowolenie klienta	Średnia / kontrola jest utrudniona
6	Raz na 3 miesiące	Średnie uszkodzenie / umiarkowane niezadowolenie klienta	Mniej jak średnia / kontrola jest utrudniona
7	Raz na miesiąc	Duże uszkodzenie / niezadowolenie klienta	Mała / kontrola jest subiektywna
8	Raz na tydzień	Bardzo duże uszkodzenie / niezadowolenie klienta	Bardzo mała / kontrola jest subiektywna
9	Raz na 3-4 dni	Poważne uszkodzenie / duże niezadowolenie klienta	Prawie brak / wada jest niewidoczna
10	Częściej jak raz na dzień	Kompletna awaria / zagrażająca życiu lub naruszająca przepisy prawne wada	Brak / wada jest niewidoczna

znaczenia i wykrywalności wad (tab. I), aby następnie obliczyć ich iloczyn, nazywany wskaźnikiem priorytetowym ryzyka RPN, który nie powinien być większy od 100 [7–10].

Analizę przyczyn i skutków wad FMEA wykonuje się wg schematu przedstawionego na rys. 1.



Rys. 1. Schemat postępowania przy prowadzeniu analizy FMEA (opracowano na podstawie [11])  
 Fig. 1. The scheme of steps in conducting an FMEA (prepared on the basis of [11])

## Przykład analizy niezgodności połączeń lutowanych metodą FMEA

Metodę FMEA zastosowano do oceny ryzyka wystąpienia potencjalnych wad połączeń montażowych w samochodowych wymiennikach ciepła. Szczególną uwagę

zwrócono na połączenia lutowane, zasadniczo decydujące o jakości finalnej wyrobów. W tab. II przedstawiono fragment arkusza FMEA z identyfikacją czynników wpływających na powstawanie potencjalnych wad połączeń lutowanych w wymiennikach ciepła, określonych wg normy PN-EN ISO 18279:2008 (Lutowanie twarde

Tabela II. Fragment arkusza FMEA  
Table II. Fragment of FMEA sheet

Nr	Potencjalna wada	Przyczyny wady	Skutki wady	Stosowana kontrola	R	Z	W	RPN
1	Pęknięcia	Uszkodzenia mechaniczne Niewłaściwe parametry operacji lutowania Niewłaściwe oprzyrządowanie mocujące (naprężenia rozciągające)	Nieszczelność (wyciek cieczy) Awaria układu Zmniejszona wytrzymałość	Wzrokowa Test szczelności Mikroskopia (SKO) Próba rozrywania (SKO)	2	8	4	64
2	Pustki	Niewłaściwe zwilżenie materiałów łączonych przez lut Wydzielanie się gazów z ciekłej lutowiny przy krzepnięciu Zanieczyszczenia, warstwy tlenkowe na powierzchni łączonych materiałów Miejscowe odparowanie topnika Niewłaściwe parametry operacji lutowania Niewłaściwa konstrukcja wyrobu (uniemożliwione wypchnięcie przez ciekły lut powietrza na zewnątrz szczeliny lutowniczej)	Zmniejszona wytrzymałość	Wzrokowa Mikroskopia (SKO)	2	6	4	48
3	Wtrącenia stałe, zabrudzenia, uwypuklenia, chropowatość	Niewłaściwe oczyszczenie powierzchni łączonych materiałów Niewłaściwe parametry operacji lutowania Nadmiar topnika Niewłaściwie przygotowane oprzyrządowanie mocujące Zanieczyszczenia	Pogorszona estetyka	Wzrokowa	2	6	4	48
4	Brak połączenia, nieciągłości	Niewłaściwe parametry operacji lutowania Niewłaściwe zwilżenie przez lut powierzchni łączonych Zanieczyszczenia, warstwy tlenkowe na powierzchni łączonych materiałów Zbyt mała ilość topnika Niewłaściwa konstrukcja wyrobu (zbyt mała szczelina lutownicza)	Nieszczelność (wyciek cieczy) Awaria układu Zmniejszona wytrzymałość	Wzrokowa Test szczelności Mikroskopia (SKO) Próba rozrywania (SKO)	2	8	4	64
5	Niezgodności kształtów i wymiarów (m.in. erozja, nadtopienia)	Niewłaściwe parametry operacji lutowania Niewłaściwe oprzyrządowanie mocujące (przemieszczenie elementów łączonych) Niewłaściwa konstrukcja wyrobu	Zmniejszona wytrzymałość	Wzrokowa Mikroskopia (SKO)	2	6	4	48
6	Ciepłe barwy nalotowe, przypalenia	Niewłaściwe parametry operacji lutowania Niewłaściwa atmosfera kontrolowana podczas lutowania Zanieczyszczenia	Pogorszona estetyka Zmniejszona wytrzymałość	Wzrokowa	2	6	4	48

R – częstość występowania wady, Z – znaczenie wady, W – wykrywalność wady, RPN – liczba priorytetowa ryzyka, SKO – statystyczna kontrola odbiorcza

– niezgodności w złączach lutowanych na twardo) oraz doświadczenia przemysłowego [12].

Zauważono, że krytycznymi wadami są pęknięcia i nieciągłości połączeń lutowanych. Ich skutki powodują poważne uszkodzenia wyrobu, a w konsekwencji awarię układów chłodzenia silnika i klimatyzacji samochodowej. Dlatego ważna jest identyfikacja czynników zwiększających ryzyko wystąpienia niezgodności połączeń, których należy poszukiwać w operacji lutowania. Analiza niezgodności połączeń lutowanych w wymiennikach ciepła nie wykazała przekroczenia granicznej liczby priorytetowej ryzyka RPN przez żadną z potencjalnych wad. Oznacza to znikome prawdopodobieństwo ich wystąpienia, a podjęcie działań naprawczych lub zapobiegawczych nie jest wymagane.

### Wnioski

Metoda FMEA pozwala identyfikować krytyczne miejsca w procesie lub wyrobie, przewidzieć ryzyko pojawienia się wad oraz ocenić ich przyczyny i konsekwencje. Wykorzystując dane z arkusza FMEA możliwe jest poprawienie procesów realizowanych w firmie, minimalizując liczbę niezgodności w produkowanych wyrobach. Zwrócono uwagę, że rzetelne wykonanie FMEA wymaga doskonałej znajomości analizowanego procesu produkcyjnego oraz trafnego przydzielania wiarygodnych ocen R, Z, W, stosowanych do obliczeń wskaźnika priorytetowego ryzyka RPN.

### LITERATURA

- [1] Ennouri W. 2013. "Risk Management: New Literature Review". *Polish Journal of Management Studies*, vol. 8: 288–297.
- [2] Povolotskaya E., P. Mach. 2012. "FMEA and FTA Analyses of the Adhesive Joining Process using Electrically Conductive Adhesives". *Acta Polytechnica*, vol. 52 (2): 48–55.
- [3] Harland C., R. Brenchley, H. Walker. 2003. "Risk in supply networks". *Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 9: 51–62.
- [4] Vose D. 2008. "Risk Analysis: A Quantitative Guide". England: 3rd edition John Wiley & Sons.
- [5] Omar M. 2011. „The Automotive Body Manufacturing Systems and Processes”. United Kingdom: John Wiley & Sons.
- [6] Kowalczyk A. 2012. „Ocena implementacji i skuteczności metod zarządzania jakością w opinii dostawców branży motoryzacyjnej”. Poznań: praca doktorska.
- [7] Stadnicka D., P. Jastrzębski. 2015. „Zastosowanie metody FMEA do poprawy konstrukcji mieszalnika”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (4): 28–32.
- [8] Shafiee M., F. Dinmohammadi. 2014. "An FMEA-Based Risk Assessment Approach for Wind Turbine Systems: A Comparative Study of Onshore and Offshore". *Energies*, vol. 7: 619–642.
- [9] Xiao N. et. al. 2011. "Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA". *Engineering Failure Analysis*, vol. 11: 1162–1170.
- [10] Nedelcu A. et. al. 2009. "Risk Estimation Using Failure Mode and Effects Analyses Method". Cambridge: Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Signal Processing, Robotics and Automation.
- [11] Čatić D. et. al. 2011. "FMEA in product development phase". Kragujevac: 5th International Quality Conference.
- [12] Winiowski A. 2012. „Niezdgodności złączy lutowanych spoiwami twardymi i przyczyny ich powstawania”. *Przegląd Spawalnictwa* (6): 37–41.

Mgr inż. Katarzyna Peta – Instytut Technologii Mechanicznej, Zakład Projektowania Technologii, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: katarzyna.p.peta@doctorate.put.poznan.pl

Prof. dr hab. inż. Jan Żurek – Instytut Technologii Mechanicznej, Zakład Projektowania Technologii, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: jan.zurek@put.poznan.pl

Mgr inż. Marcin Wiśniewski – Instytut Technologii Mechanicznej, Zakład Projektowania Technologii, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: marcin.wisniewski@put.poznan.pl

Mgr inż. Arkadiusz Pietrowiak – Instytut Technologii Mechanicznej, Zakład Projektowania Technologii, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: arkadiusz.pietrowiak@put.poznan.pl



# KSZTAŁTOWANIE KRAWĘDZI PRZEDMIOTÓW ZE STOPU TYTANU Ti6Al4V METODĄ SZCZOTKOWANIA

## *Edges formation of Ti6Al4V titanium alloy parts upon brushing*

Jakub MATUSZAK, Kazimierz ZALESKI

---

**S t r e s z c z e n i e:** Stan krawędzi odgrywa istotną rolę w procesie montażu elementów składowych gotowych wyrobów. Po obróbce skrawaniem na krawędziach przedmiotów pojawiają się zadziory. Dotyczy to takich popularnych metod obróbki jak: wiercenie, frezowanie, toczenie itp. Pracochłonność usuwania zadziorów związana jest z właściwościami materiału obrabianego, które wpływają na siłę utwardzenia podstawy zadzioru do krawędzi przedmiotu. W przypadku materiałów trudnoobrabialnych, usunięcie zadziorów może wiązać się z potrzebą zintensyfikowania energii medium obróbkowego w obrębie krawędzi do której przytwierdzone są zadziory.

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu obróbki szczotkowaniem na kształtowanie krawędzi przedmiotów, powstałych w procesie frezowania, wykonanych ze stopu tytanu Ti6Al4V. Dokonano oceny stanu krawędzi po procesie usuwania zadziorów metodą szczotkowania. W eksperymencie zastosowano stałe parametry frezowania oraz zmienne warunki szczotkowania. Pracę podsumowano wnioskami.

**S ł o w a   k l u c z o w e:** obróbka szczotkowaniem, zadziory, stan krawędzi

**A b s t r a c t:** Edge state plays an important role in the assembly process of the components of finished products. After machining, burrs can appear on the edges of the objects. This concerns such popular machining methods as drilling, milling, turning, etc. Labour consumption of deburring is related to the material properties of the workpiece which influence the strength of the connection between the burr base and the edge of the object. In the case of almost unworkable materials, deburring process can be associated with the intensification of machining energy around the edges with burrs.

The paper presents the results of the effect of brushing process on the edges formation of the objects made of Ti6Al4V titanium alloy produced in the milling process. Edge states after deburring with the use of brushing process was determined. The fixed parameters of milling and the variable conditions of brushing were used. Based on studies conclusions were formed.

**K e y w o r d s:** brushing, burrs, edge states

---

### Wprowadzenie

Obróbka frezowaniem często jest ostatnim procesem kształtowania gotowego wyrobu. Po tej operacji przedmioty będące elementami składowymi większych konstrukcji podlegają procesom montażowym. Dlatego istotny jest stan krawędzi przedmiotów, szczegółowo określony w normie ISO 13715, który nie stwarza problemów na tym etapie. Po obróbce skrawaniem na krawędziach przedmiotów z reguły pojawiają się zadziory. Dotyczy to większości popularnych metod obróbki ubytkowej jak: wiercenie, frezowanie, toczenie itp. [2, 3, 4]. Prawidłowa orientacja przedmiotu przez roboty przechwytyjące w procesie montażu jest bardzo istotnym zagadnieniem [1]. Występowanie zadziorów może hamować płynny i bezpieczny proces montażowy. W przypadku współpracujących elementów występowanie zadziorów nie tylko skutkuje pogorszeniem jakości krawędzi, ale także występujące w konsekwencji obecności zadziorów nadmierne tarcie i zużycie powierzchni może objawiać się występowaniem hałasu i drgań.

Pracochłonność usuwania zadziorów związana jest z właściwościami materiału obrabianego, które wpływają na siłę utwardzenia podstawy zadzioru do krawędzi

przedmiotu. W przypadku materiałów trudnoobrabialnych (stopy tytanu), usunięcie zadziorów może wiązać się z potrzebą zintensyfikowania energii w obrębie krawędzi do której przytwierdzone są zadziory. Proces ten może być realizowany m.in. za pomocą obróbki szczotkowaniem na centrach obróbkowych. Celem przeprowadzonych badań była ocena stanu krawędzi oraz chropowatości powierzchni po usuwaniu zadziorów metodą szczotkowania próbek wykonanych ze stopu tytanu Ti6Al4V.

### Metodyka badań

W badaniach wykorzystano próbki ze stopu tytanu Ti6Al4V, których skład chemiczny i właściwości fizyczne przedstawiono w tab. I. Badania przeprowadzono na pionowym centrum obróbkowym Fv580A, wyposażonym w system sterowania Fanuc OiMC. Próbki poddano obróbce frezowaniem z zachowaniem stałych parametrów frezowania.

Po obróbce frezowaniem przeprowadzono proces szczotkowania z zastosowaniem zmiennych parametrów technologicznych obróbki szczotkowaniem. W celu oceny wpływu poszczególnych parametrów przeprowadzono klasyczny eksperyment jednoczynnikowy. W tab. II

Tabela I. Skład chemiczny i właściwości fizyczne stopu tytanu Ti6Al4V  
 Table I. Chemical composition and physical properties of Ti6Al4V titanium alloy

skład chemiczny [%]					właściwości mechaniczne		
Al	V	C	Fe	Ti	Rm	HRC	E
5,5-6,76	3,5-4,5	0,03	0,1	reszta	1020 MPa	33	120 GPa

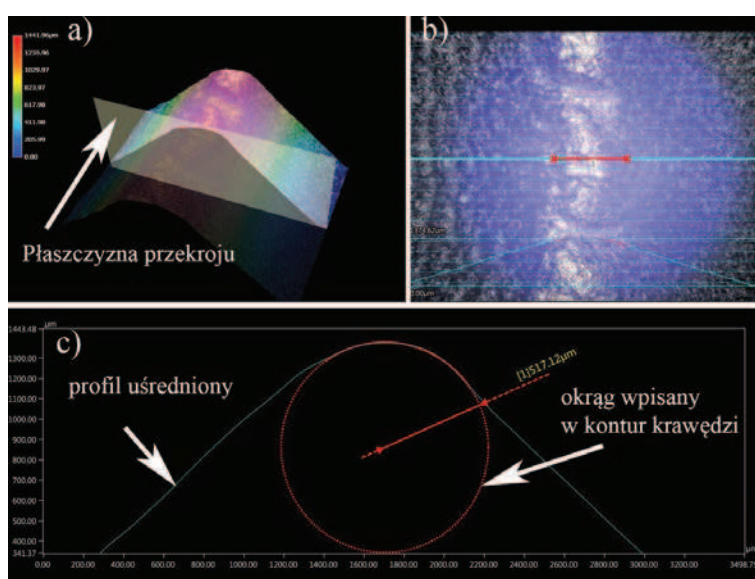
Tabela II. Parametry technologiczne szczotkowania  
 Table II. Parameters of brushing process

prędkość obwodowa, [m/min]	844	1266	1688	1266	1266			
prędkość posuwu, [mm/min]	370			140	370	1000	370	
liczba przejść	3			3		1	5	10
dosuw [mm]	3			3		3		

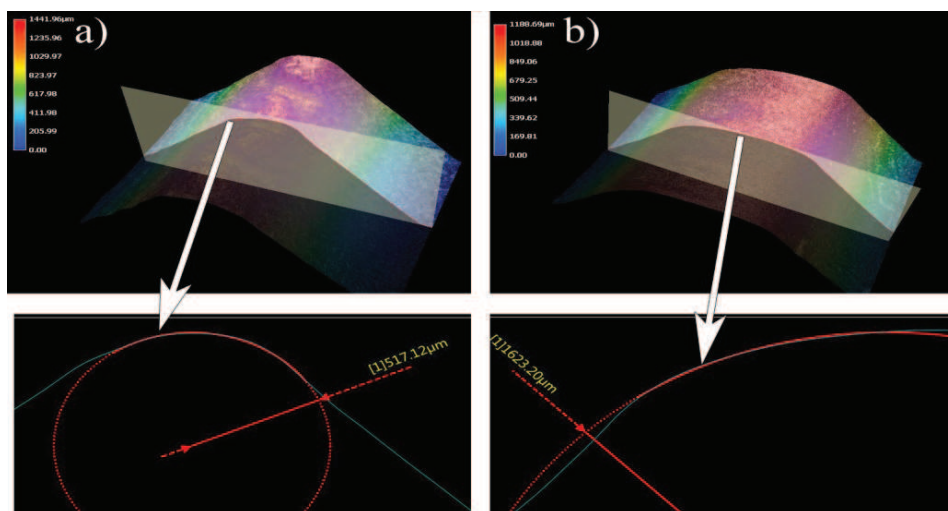
przedstawiono wartości zastosowanych paramentów. Zmieniao prędkość obwodową  $v_c$ , prędkość posuwu  $v_f$  oraz liczbę przejść. Natomiast na stałym poziomie (3 mm) utrzymano wartość dosuwu, który należy rozumieć jako głębokość zanurzenia włókien, mierzoną od powierzchni obrabianej do końców włókien swobodnie obracających się (niemających kontaktu z przedmiotem). Realizowano proces obróbki szczotkowaniem bez stosowania cieczy chłodząco-smarującej (na sucho).

Skuteczność usuwania zadziorów oraz kształtowania krawędzi przedmiotów uzależniona jest także od rodzaju zastosowanego narzędzia szczotkującego. W badaniach wykorzystano dwa rodzaje szczotek walcowych o średnicy  $\varnothing$  120 mm z wypełnieniem drucianym stalowym o średnicy pojedynczego włókna 0,2 mm (oznaczenie S02) oraz 0,3 mm (oznaczenie S03). Zmiana średnicy pojedynczego włókna wpływa także na gęstość upakowania włókien na obwodzie szczotki.

Analizę stanu krawędzi po procesie szczotkowania wykonano za pomocą mikroskopu cyfrowego Keyence model VHX – 5000. Próbkę umieszczono w pryzmie ustawiono tak, by powierzchnie przystające do krawędzi znajdowały się pod kątem  $45^\circ$  względem światła obiektywu. Zastosowano powiększenie x100. Dla każdej krawędzi wykonano model 3D oraz wyznaczono płaszczyznę przekroju (rys. 1a) w kierunku prostopadłym do krawędzi próbki. Wykorzystując możliwości oprogramowania mikroskopu wyznaczono dodatkowe płaszczyzny przekroju (rys. 1b), a następnie wygenerowano profil uśredniony (rys. 1c) próbki z 24 przekrojów wykonanych na długości krawędzi pomiarowej w odstępach 100  $\mu\text{m}$  od siebie. W profil uśredniony wpisano okrąg z użyciem funkcji «edge detection» – automatycznego dopasowania do krawędzi. Promień okręgu wpisanego stanowił promień zaokrąglenia krawędzi po szczotkowaniu.



Rys. 1. Metodyka pomiaru stanu krawędzi na mikroskopie cyfrowym Keyence – VHX-5000 (opis w tekście)  
 Fig. 1. Methodology of edge states measurement on Keyence VHX-5000 digital microscope (description in the text)



Rys. 2. Stan krawędzi po obróbce szczotkowaniem ( $v_f = 370$  mm/min,  $v_c$  1266 m/min, liczba przejść 3): a) szczotka S02, b) szczotka S03

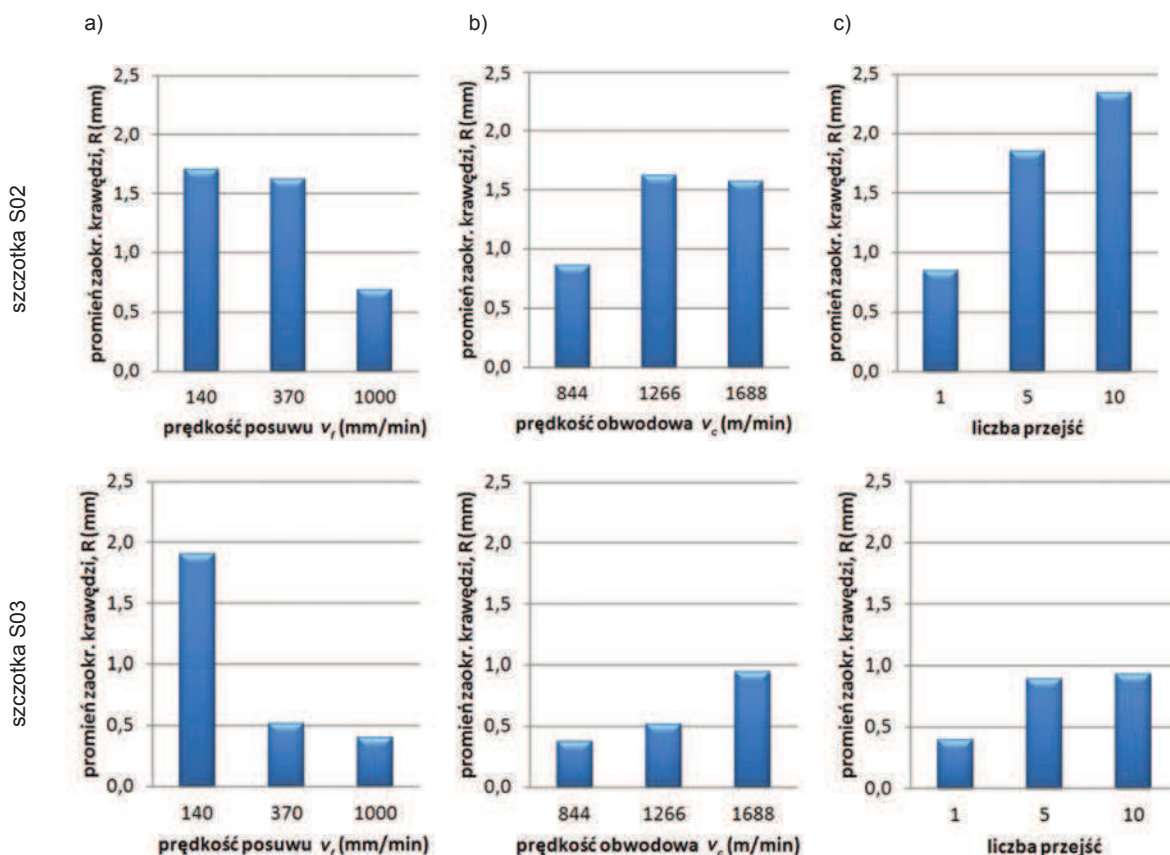
Fig. 2. Edge state after brushing ( $v_f = 370$  mm/min,  $v_c$  1266 m/min, the number of passes 3): a) S02 brush, b) t S03 brush

### Wyniki badań stanu krawędzi

Po procesie szczotkowania ostre lub obarczone zadziornymi krawędziami, wytworzone podczas frezowania, uległy zaokrągleniu. Przykładowe porównanie stanu

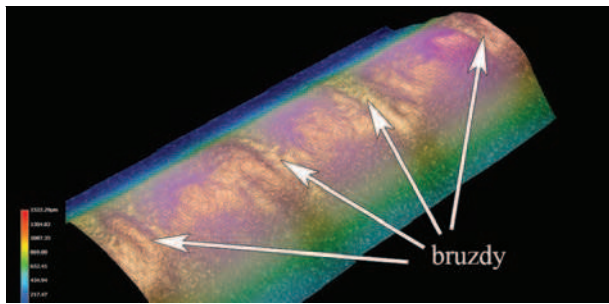
krawędzi dla dwóch szczotek po obróbce szczotkowaniem przedstawiono na rys. 2.

Na rys. 3 przedstawiono wpływ rodzaju zastosowanej szczotki na promień zaokrąglenia krawędzi. Wraz ze wzrostem prędkości posuwu zmniejszeniu ulegał promień



Rys. 3. Wpływ rodzaju szczotki na stan krawędzi podczas szczotkowania z zastosowaniem zmiennej: a) prędkości posuwu, b) prędkości obwodowej, c) liczby przejść

Fig. 3. Effect of brush type on edge state during brushing using the variable: a) feed rate, b) cutting speed, c) the number of passes



Rys. 3. Bruzdy widoczne po obróbce szczotką S02 z prędkością  $v_c = 1688$  m/min  
 Fig. 3. The grooves visible after brushing with S02 brush and cutting speed  $v_c = 1688$  m/min

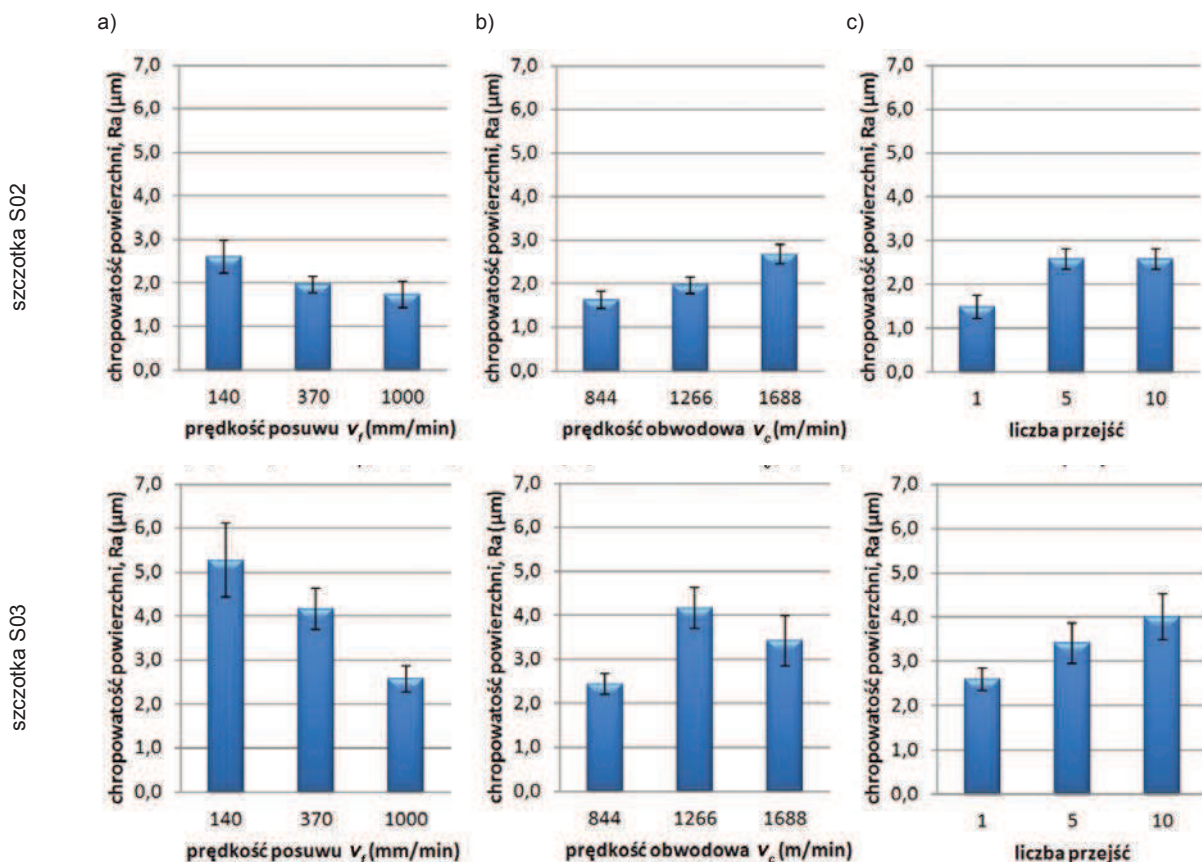
zaokrąglenia, co jest związane ze zmniejszonym czasem oddziaływania włókien szczotki na krawędzie przedmiotu obrabianego. Wzrost prędkości obwodowej powodował wzrost energii poszczególnych włókien i wzrost promienia zaokrąglenia krawędzi. Jednak w przypadku obróbki szczotką S02 przy prędkości obwodowej  $v_c = 1688$  m/min zaobserwowano zahamowanie tej tendencji. Może to być spowodowane zużyciem na efekt bruzdowania części energii włókien, co przedstawiono na rys. 4.

Z kolei zgodnie z oczekiwaniem zwiększenie ilości przejść skutkowało wzrostem promienia zaokrąglenia.

### Wyniki badań chropowatości powierzchni

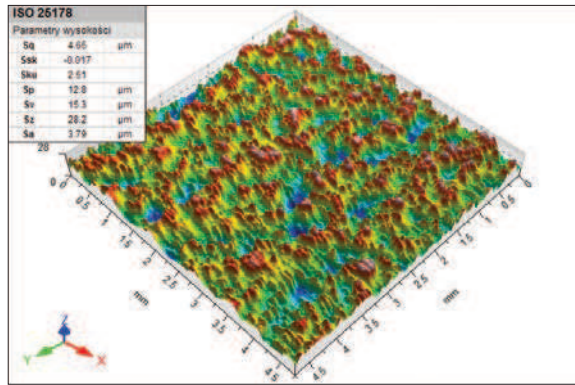
Na rys. 4 przedstawiono wpływ rodzaju zastosowanej szczotki na chropowatość powierzchni. Ze wzrostem prędkości posuwu następował spadek chropowatości powierzchni. Natomiast wzrost prędkości obwodowej powodował wzrost wartości parametru  $R_a$ . Wyjątkiem jest prędkość  $v_c = 1688$  m/min dla szczotki S03, co mogło być spowodowane umocnieniem warstwy wierzchniej pod działaniem sztywnych włókien szczotki S03 i większa «odporność» na odkształcenia plastyczne materiału obrabianego. Ze wzrostem liczby przejść chropowatość wzrastała.

Porównując zastosowane narzędzia we wszystkich przypadkach uzyskano wyższe wartości parametru chropowatości  $R_a$  po obróbce szczotką S03 o średnicy pojedynczego włókna 0,3 mm. Na rys. 5 przedstawiono porównanie topografii powierzchni po obróbce dwiema szczotkami z zastosowaniem jednakowych parametrów obróbki.

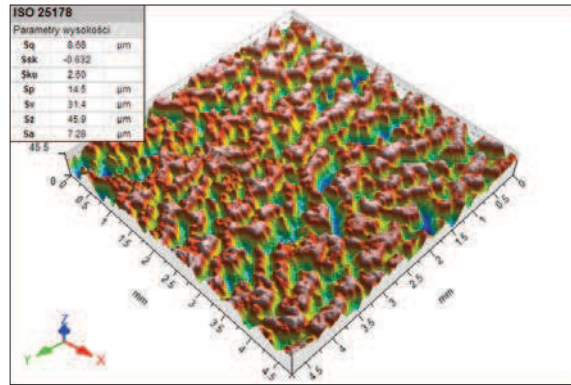


Rys. 4. Wpływ rodzaju szczotki na chropowatość powierzchni podczas szczotkowania z zastosowaniem zmiennej: a) prędkości posuwu, b) prędkości obwodowej, c) liczby przejść  
 Fig. 4. Effect of brush type on surface roughness during brushing using the variable a) feed rate, b) cutting speed, c) the number of passes

a)



b)



Rys. 5. Porównanie topografii powierzchni po obróbce szczotkowaniem ( $v_f = 140$  mm/min,  $v_c = 1266$  m/min, liczba przejść 3, dosuw 3mm): a) szczotka S02, b) szczotka S03

Fig. 5. Comparison of surface topography after brushing ( $v_f = 140$  mm / min,  $v_c = 1266$  m / min, the number of passes 3, feed-in 3 mm): a) the brush S02, b) the brush S03

## Wnioski

W pracy badano stan krawędzi oraz chropowatości powierzchni po usunięciu zadziorów metodą szczotkowania próbek wykonanych ze stopu tytanu Ti6Al4V. Następujące wnioski podsumowują rezultaty przeprowadzonych badań:

- aplikacja szczotki na pionowym centrum obróbkowym daje możliwość skutecznego usuwania zadziorów powstałych po frezowaniu materiałów trudnoobrabialnych,
- w warunkach przeprowadzonych badań wzrost prędkości posuwu prowadzi do zmniejszenia promienia zaokrąglenia krawędzi oraz zmniejszenia wartości parametru  $R_a$ ,
- zwiększenie prędkości obwodowej  $v_c$  prowadzi do zwiększenia promienia zaokrąglenia i zwiększenia chropowatości powierzchni (dla najwyższych zastosowanych wartości prędkości w przypadku szczotki S02 zaobserwowano pojawienie się znacznych bruzd w obrębie szczotkowanej krawędzi, co spowodowało spadek promienia zaokrąglenia),
- analizując topografię powierzchni zaobserwowano bezkierunkową strukturę powierzchni dla wszystkich próbek po obróbce szczotkowaniem, co świadczy o zaszczotkowaniu śladów po obróbce frezowaniem,
- wraz ze wzrostem liczby przejść wzrasta promień zaokrąglenia krawędzi i chropowatość powierzchni.

## LITERATURA

- Łunarski J., W. Szabajkiewicz. 1993. „Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn”. Warszawa: WNT.
- Matuszak J., K. Zaleski. 2014. “Edge states after wire brushing of magnesium alloys”. *Aircraft Eng & Aerospace Tech.* 86 (4): 328–335.
- Matuszak, J., K. Zaleski. 2013. “Effect of brushing parameters upon edge states after wire brushing of AZ91 HP magnesium alloy”. *Advances in Science and Technology Research Journal* 7, 20.
- Zaleski K., J. Matuszak. 2013. „Badania porównawcze obróbki krawędzi przedmiotów ze stopu aluminium 7075 i stali C45 metodą szczotkowania”. *Techologia i Automatyzacja Montażu* (2): 35–39.

Dr inż. Jakub Matuszak – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: j.matuszak@pollub.pl

Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: k.zaleski@pollub.pl

# AUTOMATYZACJA OBLICZEŃ ISTOTNOŚCI WPŁYWU PARAMETRÓW W PROCESACH WYTWARZANIA

## *Automation of calculations significance of influence parameters in the manufacturing processes*

Leszek SKOCZYLAŚ, Krystyna SKOCZYLAŚ

**Streszczenie:** Artykuł zwraca uwagę na pracochłonność obliczeń występujących w badaniach istotności wpływu parametrów w procesach wytwarzania. Prezentuje autorskie oprogramowanie, służące do szybkiego i dokładnego przeprowadzenia obliczeń wg procedur dla programów statycznych randomizowanych – kompletnego, blokowego oraz kwadratu łacińskiego. Układ graficzny oprogramowania odpowiada bezpośrednio schematowi postępowania zawartemu w literaturze. Tego typu podejście nie wymaga dodatkowej nauki obsługi komercyjnego oprogramowania oraz ułatwia prowadzenie analiz.

**Słowa kluczowe:** program statyczny randomizowany kompletny, program statyczny randomizowany blokowy, kwadrat łaciński

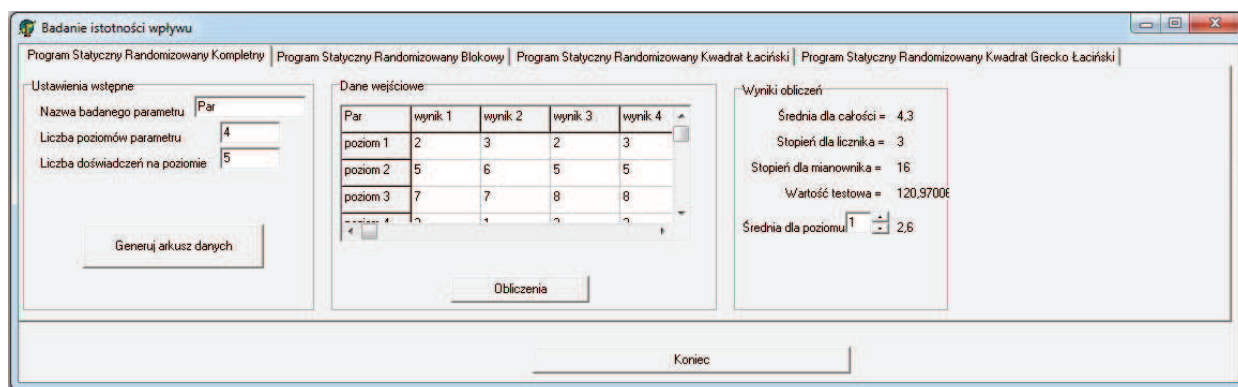
**Abstract:** The paper draws attention to the effort calculations occurring in the study significance of influence parameters in the manufacturing processes. It presents original software for fast and accurate calculations according to the procedures for the static randomized programs – complete, block and latin square. The layout of the software directly responsible scheme of conduct contained in the literature. This approach does not require additional learning support of commercial software, and facilitates analysis.

**Key words:** static randomized complete program, static randomized block program, latin square program

### Wstęp

Badanie istotności wpływu parametrów na proces wytwarzania jest ważnym elementem w pracach optymalizacyjnych procesów obróbki. Poprzedza etap przygotowania modelu procesu i bazując na obliczeniach wariancji, ukazuje najistotniejsze parametry z punktu widzenia statystyki matematycznej. Dostępna literatura [1-6] szczegółowo omawia tok obliczeń istotności wpływu parametrów procesu, który jest wykorzystywany w wielu pracach badawczych. Obliczenia wariancji mogą być przeprowadzone z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania [7]. Metodyka postępowania odbiega jednak od prezentowanej w literaturze. Dodatkowo,

oprócz posiadania licencji zachodzi konieczność opanowania specyfiki obsługi danej aplikacji. Obliczenia można przeprowadzić również w sposób ręczny, bazując na literaturze. Należy jednak zaznaczyć, że przy tak dużej ilości obliczeń trudno ustrzec się pomyłek, a ponadto, stosowanie zaokrągleń dla uzyskiwanych wartości pośrednich sprawia, że końcowe wyniki obciążone są błędami [8]. Z tego też względu opracowano autorskie oprogramowanie do obliczeń istotności wpływu, zachowując literaturowe schematy postępowania. Prezentowane oprogramowanie odnosi się do trzech planów badawczych, tj. program statyczny randomizowany kompletny, program statyczny randomizowany blokowy oraz kwadrat łaciński.



Rys. 1. Okno obliczeń wg programu statycznego randomizowanego kompletnego  
Fig. 1. Window calculation according to the static randomized complete program

## Program statyczny randomizowany kompletny

Program ten należy do najprostszych od strony obliczeń. Odnosi się do oceny istotności wpływu jednego parametru wejściowego na reakcję badanego procesu. Obliczenia realizowane są na danych odnoszących się do wielu poziomów zmian badanego parametru. Ponadto, na każdym poziomie badanego parametru doświadczenie może być wielokrotnie powtarzane, co zwiększa liczbę danych, a przez to poprawia wiarygodność obliczeń. Okno aplikacji do realizacji obliczeń wg omawianego programu przedstawiono na rys. 1. Przeprowadzenie obliczeń wymaga wprowadzenia w pierwszej kolejności liczby poziomów badanego parametru oraz liczby powtórzeń doświadczenia na danym poziomie. Na podstawie tych informacji generowany jest arkusz danych. Wprowadzenie danych pozwala na szybkie obliczenie wartości testowej  $F$ . Obliczane stopnie swobody (odpowiednio dla licznika i mianownika) pozwalają na ustalenie wartości krytycznej testu  $F$  Fischera-Snedecora dla określonego poziomu istotności.

Program oblicza również wartość średnią dla ogółu danych oraz wartości średnie dla wybranego poziomu.

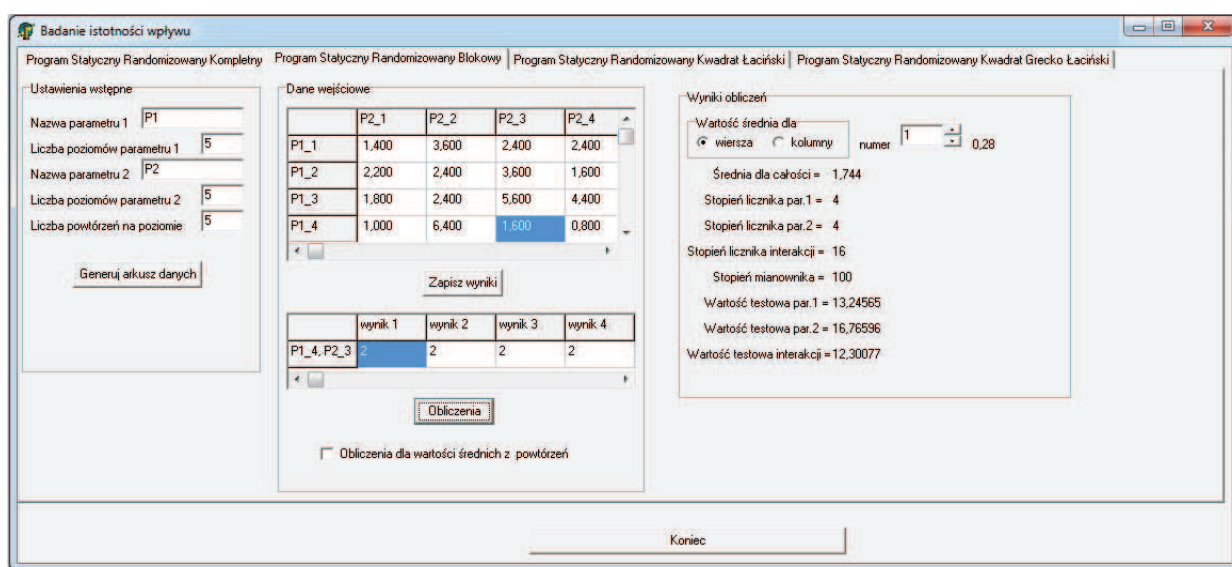
## Program statyczny randomizowany blokowy

Program blokowy wykorzystywany jest do oceny istotności wpływu dwu zmiennych parametrów wejściowych na zachowanie badanego procesu. Obliczenia prowadzone są na zaobserwowanych danych, odpowiadających różnym poziomom zmian parametrów wejściowych. Podobnie jak w programie kompletnym mogą wystąpić powtórzenia doświadczeń na poszczególnych poziomach. Realizacja powtórzeń pozwala równocześnie na wyznaczenie istotności interakcji pomiędzy badanymi parametrami. Okno realizacji obliczeń przedstawia rys. 2.

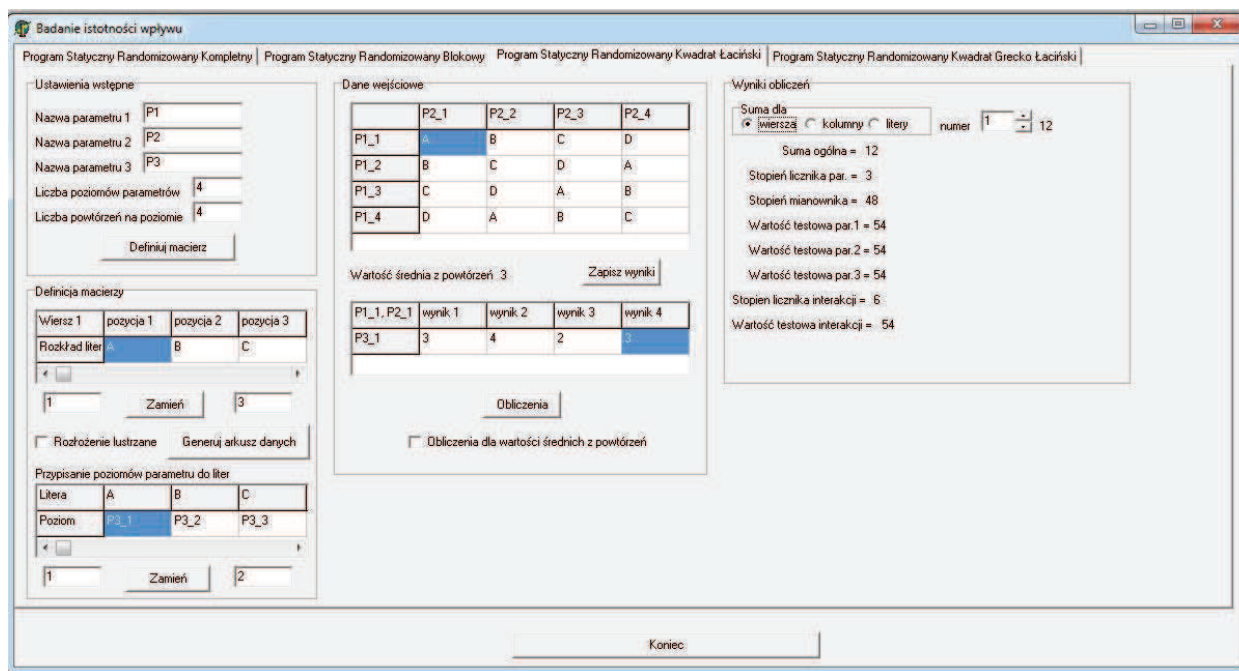
Obliczenia rozpoczyna się od określenia liczby poziomów zmian badanych parametrów oraz liczby powtórzeń doświadczeń na poszczególnych poziomach. Służy to wygenerowaniu arkusza danych w postaci tablicy kwadratowej. Ponieważ na każdym poziomie zmian może wystąpić określona liczba powtórzeń, wprowadzanie danych następuje w kolejnym arkuszu, odnoszącym się do wybranej pozycji tablicy kwadratowej, opisującej poziomy badanych parametrów. Każda pozycja tablicy kwadratowej przedstawia wartości średnie z powtórzeń doświadczeń na danym poziomie. Na podstawie wprowadzonych danych program oblicza wartości testowe  $F$  dla obu badanych parametrów oraz zachodzących pomiędzy nimi interakcji. Program oblicza również stopnie swobody dla licznika oraz mianownika, niezbędnych do odczytania wartości krytycznych testu  $F$  Fischera-Snedecora oraz oblicza wartości średnie dla ogółu danych, jak i w wybranych wierszach czy kolumnach tablicy kwadratowej. Opracowana aplikacja pozwala również na prowadzenie obliczeń dla pojedynczych danych na poszczególnych poziomach (bez powtórzeń). Może to być również obliczona wartość średnia z powtórzeń, zawarta w pozycjach tablicy kwadratowej. W drugim przypadku wymagane jest zaznaczenie opcji „Obliczenia dla wartości średnich z powtórzeń”. Należy zaznaczyć, że oparcie badań na pojedynczych danych (bez powtórzeń) nie umożliwia obliczeń interakcji pomiędzy analizowanymi parametrami.

## Kwadrat łaciński

Kwadrat łaciński pozwala na ocenę istotności wpływu trzech parametrów wejściowych na wynik procesu, przy czym liczba poziomów dla wszystkich analizowanych parametrów jest identyczna. Na każdym poziomie badań również mogą występować powtórzenia doświadczeń, które umożliwiają przeprowadzenie obliczeń związanych



Rys. 2. Okno obliczeń wg programu statycznego randomizowanego blokowego  
Fig. 2. Window calculation according to the static randomized block program



Rys. 3. Okno obliczeń wg kwadratu łacińskiego  
 Fig. 3. Window calculation according to the Latin square program

z interakcjami pomiędzy analizowanymi parametrami. Badanie nie obejmuje wszystkich poziomów zmienności badanych parametrów. Dlatego też wyborowi badanych poziomów towarzyszy określony schemat postępowania. Okno aplikacji do realizacji tego zadania przedstawiono na rys. 3.

Przystępując do obliczeń w pierwszym kroku należy określić liczbę poziomów parametrów oraz powtórzeń. Z uwagi na fakt, że analizowane są trzy parametry, zbiór danych przyjmuje formę tablicy przestrzennej i poziomy jednego z parametrów przypisane są do liter (A,B,C,D...). Ustalenie poszczególnych poziomów dla których prowadzone będą obliczenia następuje na podstawie przekształcanego kwadratu zredukowanego, przez co rozłożenie liter w macierzy przyjmuje określony schemat. Celem zapewnienia możliwości prowadzenia analizy na różnych poziomach wartości parametrów w prezentowanej aplikacji istnieje możliwość zamiany miejscami poszczególnych liter (poziomów). Na rys. 4 zaprezentowano

rozłożenie liter przez zamianę miejscami, z kolei rys. 5 pokazuje efekt wykonania zamiany miejscami liter na pozycjach 1 i 3.

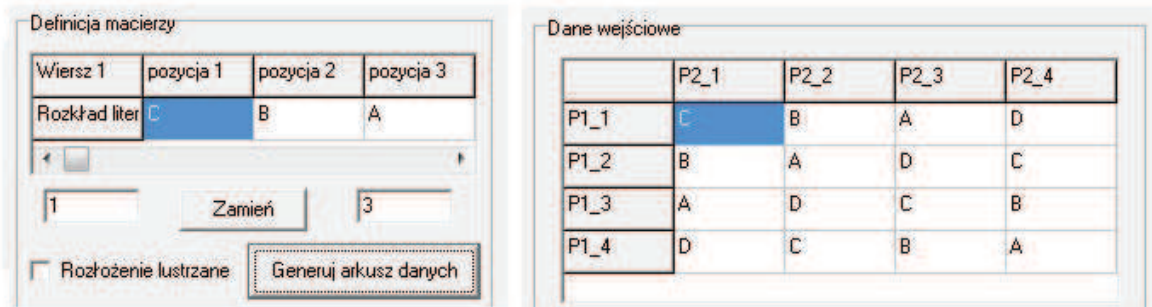
Omówiona zamiana miejscami liter nie wyczerpuje wszystkich możliwości rozłożenia analizowanych poziomów wartości parametrów. Kolejny krok możliwej modyfikacji to rozłożenie lustrzane, którego efekt pokazano na rys. 6.

Przedstawione możliwości przekształceń pozwalają na uzyskanie wszystkich możliwych wariantów doboru analizowanych poziomów. Po przygotowaniu arkusza danych dalszy przebieg obliczeń zbliżony jest do programu blokowego. Wprowadzane są dane dla ustalonych poziomów z określoną liczbą powtórzeń, a następnie obliczane wartości testowe dla poszczególnych parametrów oraz interakcji. Program oblicza również wartości średnie z powtórzeń oraz sumy odpowiednio dla wierszy kolumn i liter. Podobnie jak w przypadku programu blokowego, istnieje możliwość przeprowadzenia obliczeń



Rys. 4. Wyjściowe rozłożenie liter w tablicy  
 Fig. 4. Output distribution of the letters in the table





Rys. 5. Rozłożenie liter w tablicy po zamianie  
 Fig. 5. The distribution of the letters in the table after the change



Rys. 6. Rozłożenie liter w tablicy po operacji lustra  
 Fig. 6. The distribution of the letters in the table after the mirror operation

dla pojedynczych wartości bez powtórzeń na poziomie, jak i dla wartości średnich dla poziomu. Skutkuje to oczywiście niemożnością obliczeń interakcji.

### Podsumowanie

Prezentowana aplikacja, w pełni zgodna ze schematami postępowania prezentowanymi w literaturze, pozwala na szybkie i zrozumiałe przeprowadzenie obliczeń. Zaletą aplikacji jest możliwość przeprowadzenia dokładnych obliczeń bez ponoszenia kosztów z eliminacją błędów towarzyszących obliczeniom ręcznym. Literatura przedmiotu oprócz przedstawienia metodyki postępowania w prowadzeniu analiz stanowi jednocześnie instrukcję obsługi prezentowanego oprogramowania, co nadaje aplikacji intuicyjny charakter.

### LITERATURA

[1] Dobosz M. 2004. „Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań”. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.  
 [2] Korzyński M. 2013. „Metodyka eksperymentu”. Warszawa: WNT.

[3] Kukielka L. 2002. „Podstawy badań inżynierskich”. Warszawa: PWN.  
 [4] Pająk E., K. Wieczorkowski. 1982. „Podstawy optymalizacji operacji technologicznych w przykładach”. Warszawa: PWN.  
 [5] Polański Z. 1984. „Planowanie doświadczeń w technice”. Warszawa: PWN.  
 [6] Polański Z. 1977. „Metody optymalizacji w technologii maszyn”. Warszawa: PWN.  
 [7] www.statsoft.pl. Planowanie doświadczeń. Internetowy podręcznik statystyki, dostęp 10.05.2014.  
 [8] Skoczyła L., K. Skoczyła. 2015. „Znaczenie dokładności obliczeń w badaniu istotności wpływu parametrów procesów obróbki”. *Technologia i Automatyka Montażu* (1).

Dr hab. inż. Leszek Skoczyła, prof. ndzw. PRz – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e-mail: lsktmiop@prz.edu.pl

Dr Krystyna Skoczyła – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e-mail: kszfb@prz.edu.pl

# TECHNOLOGIA KSZTAŁTOWANIA KOŃCÓWEK KABLOWYCH DO PODŁĄCZANIA APARATURY ROZDZIELCZEJ

## Technology of forming of tubular cable lugs for connection to the switchgear

Andrzej KUBIT, Rafał KLUZ

**Streszczenie:** Kablowe końcówki rurowe służą do podłączania aparatury rozdzielczej. Zwiększają bezpieczeństwo, niezawodność połączenia i łatwość montażu. Ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej przewodności i trwałości połączenia wykonywane są ze stopów miedzi. Nowe rozwiązania modułowej aparatury rozdzielczej wymuszają konieczność zmiany konstrukcji końcówek kablowych, co związane jest z koniecznością wytworzenia złączki o zwężonej części stykowej. Wymagany kształt uzyskiwany jest w wyniku obróbki skrawaniem, co nie sprzyja wysokiej wydajności ekonomicznej procesu i wiąże się z wysokim kosztem technicznym wykonania wyrobu, ze względu na znaczne straty materiału. W artykule opisano nową technologię kształtowania kablowych końcówek rurowych, opartą w pełni o kształtowanie plastyczne, co czyni tę technologię bardzo korzystną z punktu widzenia oszczędności materiału.

**Słowa kluczowe:** końcówki kablowe, przewężanie rur, kształtowanie stopu miedzi

**Abstract:** Tubular cable lugs are used to connect the switchgear. This type of cable lugs increase the safety, reliability, connectivity and ease of installation. Due to the requirement to ensure high conductivity and durability of the connection are made of copper alloys. New solutions of modular switchgear make it necessary to change the structure of tubular cable lugs, associated with the need to produce the coupling of the tapered section of the contact. The required shape is obtained by machining, which process is not cost-effective and involves a high cost of a technical embodiment of the device, due to significant losses of material. This paper describes a new technology tubular cable lugs based fully on the plastic working, which makes this technology very favorable from the viewpoint of material savings.

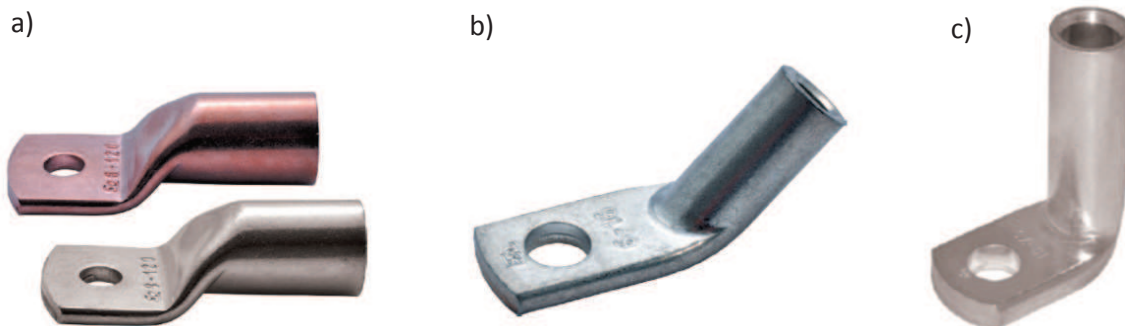
**Keywords:** tubular cable lugs, tube necking, forming a copper alloy

### Wprowadzenie

Rurowe końcówki kablowe powszechnie stosowane są w instalacjach elektrycznych w celu podłączania przewodów miedzianych m.in. do rozdzielnic, szyn zbiorczych i zacisków aparatury. Grubościenne budowa omawianych końcówek wpływa na wzrost bezpieczeństwa i trwałości połączenia, dzięki ograniczeniu zjawiska przegrzewania się żył i izolacji przewodów. Najpowszechniejszym materiałem do produkcji końcówek tego typu jest stop miedzi cynowany galwanicznie o parametrach określonych na podstawie normy DIN. Przedstawiona technologia stosowana jest do rur miedzianych o zewnętrznych średnicach od  $\varnothing 18$  do  $\varnothing 32$ .

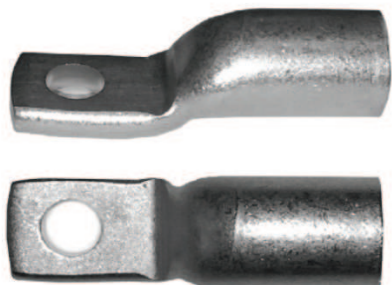
Ze względu na wymagania eksploatacyjne końcówki rurowe dzieli się na płaskie (rys. 1a) oraz wykonane pod kątem  $45^\circ$  lub  $90^\circ$  (rys. 1b,c). Inny podział określa ilość otworów montażowych. Najczęściej są to końcówki jednootworowe, rzadziej dwuotworowe.

Ze względu na zakres napięć pracujących końcówek, na rynku oferowana jest szeroka gama wielkości opisywanych końcówek rurowych. W najprostszej formie, proces technologiczny końcówek rurowych polega na spłaszczeniu rury i wykrawaniu otworu. Wówczas szerokość części stykowej („płetwy”) ma większy wymiar od średnicy części cylindrycznej. Ze względu na ograniczanie przestrzeni zajmowanej przez instalacje elektryczne, istnieje wymóg kompaktowej organizacji układów (rozdzielnice, szyny



Rys. 1. Podstawowe typy kablowych końcówek rurowych [1]  
Fig. 1. Basic types of tubular cable lugs [1]

zbiorcze). Stąd też w ostatnich latach rosnącą popularnością cieszą się końcówki kablowe ze zwężoną częścią stykową, które są alternatywą dla tradycyjnych końcówek rurowych (rys. 2).

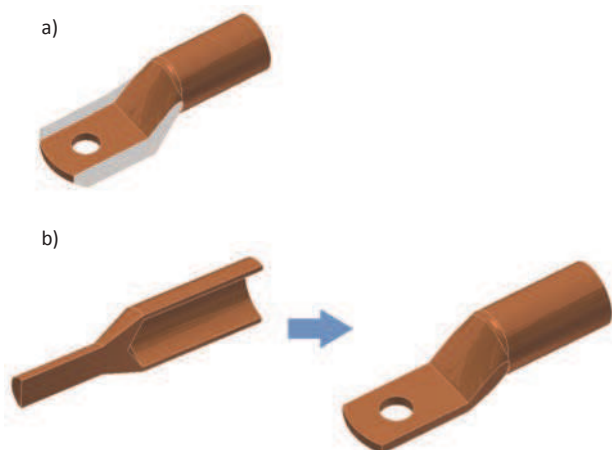


Rys. 2. Kablowa końcówka rurowa z przewężoną częścią stykową [1]  
Fig. 2. Tubular cable lug with constricted contact part [1]

### Opis opracowanej technologii

Celem pracy jest opracowanie efektywnej pod względem ekonomicznym technologii kształtowania końcówek rurowych ze zwężoną częścią stykową.

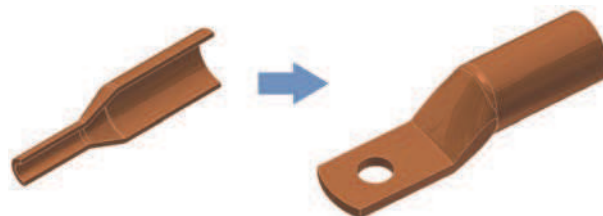
Przegląd procesów technologicznych, stosowanych przez różnych producentów wykazał, iż najpowszechniej stosowaną operacją technologiczną w celu uzyskania przewężenia części stykowej jest obróbka ubytkowa. Przykładem takiego procesu jest frezowanie lub szlifowanie krawędzi przewężonej części stykowej, powstałej z rury o stałym przekroju (rys. 3a). Wadą takiego procesu jest przede wszystkim utrata materiału oraz czasochłonność związana z frezowaniem, ale także właściwości tak powstałego wyrobu charakteryzują się ograniczoną jakością ze względu na osłabienie części stykowej elementu



Rys. 3. stosowane technologie produkcji przewężonych końcówek rurowych: frezowanie (lub szlifowanie) szerokiej końcówki (a), kształtowanie końcówki z toczonego wałka (b)  
Fig. 3. The production technologies of constricted tubular cable lugs: by milling (or grinding) wide part of lug (a) shaping the ends of turned shaft (b)

i możliwość jej rozwarstwiania. Inną technologią jest uzyskanie odpowiedniego kształtu z wałka (rys. 3b), gdzie w kolejnej operacji część cylindryczna o mniejszej średnicy zostaje spłaszczona w operacji obróbki plastycznej na zimno. Pod względem jakości wyrobu technologia ta umożliwia uzyskanie wysokich parametrów wytrzymałościowych oraz dobrej przewodności elektrycznej i cieplnej, jednakże ze zrozumiałych względów proces jest bardzo kosztowny, przez co znacząco ograniczone jest stosowanie końcówek wytwarzanych taką technologią.

W ramach pracy przedstawiono opracowaną technologię kształtowania końcówek rurowych ze zwężoną częścią stykową na podstawie rury o stałej średnicy, która to technologia oparta jest w całości o obróbkę plastyczną na zimno (poza operacją cięcia i fazowania). Jako zasadniczy cel przyjęto opracowanie operacji technologicznej, umożliwiającej wykonanie przewężenia rury metodą kształtowania plastycznego, będącej w dalszym etapie ukształtowaną w końcówkę kablową w wersji przewężonej (rys. 4).

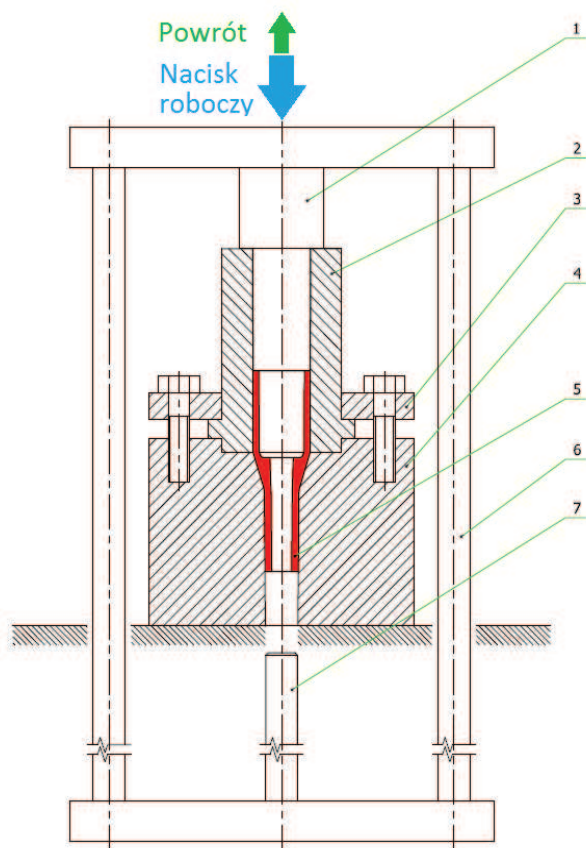


Rys. 4. Koncepcja kształtowania przewężonych końcówek rurowych ze zwężonej rury  
Fig. 4. The concept of formation of constricted tubular cable lugs with a tapered pipe

Zaproponowane rozwiązanie układu kształtującego przedstawiono na rys. 5.

Głównymi elementami oprzyrządowania do zwężenia rur jest matryca (4), stempel formujący (1) oraz tuleja prowadząca (2). Zasada funkcjonowania oprzyrządowania jest następująca: rurę o stałej średnicy  $D1$  umieszcza się w tulei prowadzącej (2). Wciskając stempel w tuleję prowadzącą z umieszczoną w niej rurą, formowany element wciskany jest do gniazda matrycy (4), a stożkowa część gniazda matrycy wywołuje proces zwężania rury do wymaganej średnicy  $D2$ . Po uformowaniu odpowiedniej długości przewężonej części rury, stempel formujący (1) wprawiany jest w ruch powrotny wraz ze sprzężoną z nim ramą wypychającą (6). Rama wypychająca wyposażona w stempel wypychający (7) sprawia, że w ruchu powrotnym stempla wypychany jest ukształtowany detal (5). Dodatkowo układ wyposażono w pierścień dociskowy (3), uniemożliwiający względny ruch tulei prowadzącej i matrycy.

Opisane oprzyrządowanie przewidziano do pracy na prasie hydraulicznej. Zastosowano prasę o nacisku roboczym 40 t. W procesie stosowano smarowanie przy użyciu oleju mineralnego, a w rezultacie uzyskano oczekiwany detal. Nieprzewidzianym zjawiskiem okazało się



Rys. 5. Schemat oprzyrządowania do przewężania rur  
Fig. 5. Scheme of instrumentation for the tube constricting

formowanie w części przewężonej rury stożka wewnętrznego, co ukazuje wykonany przekrój poprzeczny ukształtowanego detalu (rys. 6). Jednakże takie ukształtowanie okazało się korzystne z punktu widzenia kolejnych operacji procesu technologicznego. Rurę przewężoną poddano prześwietleniu rentgenowskiemu w celu określenia struktury wewnętrznej materiału w części zwężanej



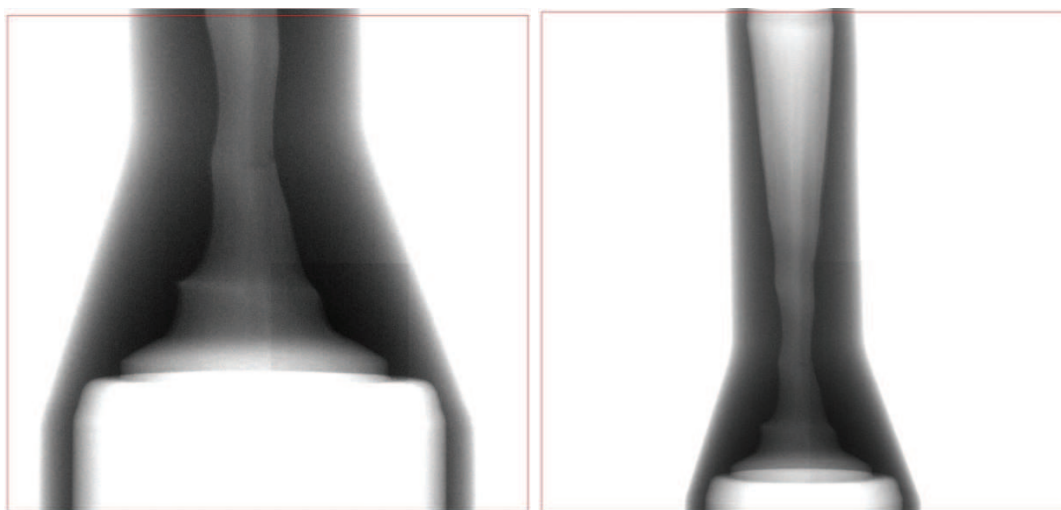
Rys. 6. Przekrój rury przewężonej obrazujący istnienie wewnętrznego stożka w części przewężonej  
Fig. 6. A cross-section of the throat showing the existence of the internal cone of the throat portion

(rys. 7). Badanie przeprowadzono przy użyciu tomografu PHOENIX X/TOME/X S Firmy General Electric. Analiza wykazała, że ukształtowany element nie zawiera wewnętrznych wad.

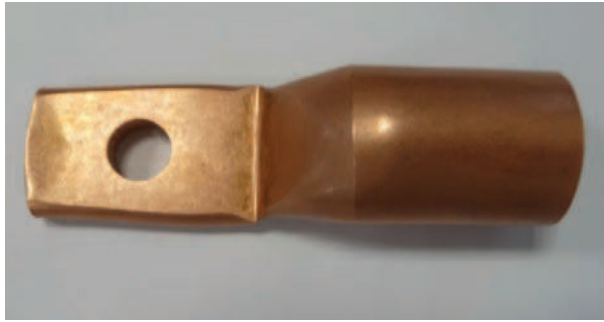
Na rys. 8 przedstawiono półwyrob po wykonaniu części stykowej. Pozostałymi operacjami procesu technologicznego jest bębnowanie oraz cynowanie galwaniczne. W efekcie końcówki charakteryzują się korzystnym przekrojem, nie występuje tu niekorzystne zjawisko pocienienia ścianek.

Prezentowana metoda przewężania rur jest podstawą do dalszych analiz tego procesu.

Trwają prace nad określeniem granicznego stopnia przewężenia rury (maksymalnie dużego stosunku  $D1/D2$ ), który można uzyskać omówioną metodą. W tym celu prowadzona jest analiza kształtu oraz parametrów matrycy takich jak struktura powierzchni kształtującej. Są to czynniki decydujące o końcowej jakości wyrobu [2]. W przypadku skrajnie dużego stosunku średnic, w omawianym procesie dochodzi właściwie do procesu



Rys. 7. Prześwietlenie RTG kształtowanego detalu  
Fig. 7. X-ray of the shaped workpiece



Rys. 8. Końcówka kablowa przed operacją bębnowania  
Fig. 8. Cable lug before barrel finishing

wyciskania, w którym istotnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu jest trajektoria przemieszczania się materiału wyciskanego [3, 4]. Prowadzona jest także analiza MES formowania przewężenia rury ze stopu miedzi. W ramach tej analizy określony zostanie wpływ geometrii matrycy na właściwości formowanego detalu [5].

#### Podsumowanie

W artykule pisano nowy proces technologiczny kształtowania kablowych końcówek rurowych, który cechuje się oszczędnością materiału oraz czasów technologicznych w porównaniu do alternatywnie stosowanych technik wytwarzania. Omówiona metoda przewężania rur prowadzi do znaczącej redukcji kosztów wytwarzania wyrobów, jakimi są kablowe końcówki rurowe z przewężoną

częścią stykową. Ograniczenie kosztów produkcji jest nieodzownym warunkiem do rozpowszechnienia kompaktowych układów stykowych, umożliwiających redukcję przestrzeni szyn rozdzielczych i innych zbiorczych układów elektrycznych.

#### LITERATURA

- [1] Katalog produktów firmy Ergom: Końcówki kablowe 2015.
- [2] Piwnik J. i in. 2013. „Analiza numeryczna wpływu współczynnika tarcia i geometrii matrycy na właściwości mechaniczne wyciskanych elektrod rurkowych”. *Tribologia* (1): 105–115.
- [3] Piwnik J. 2010. „Mechanika plastycznego płynięcia w zagadnieniach wyciskania metali”. Białystok: Wyższa Szkoła Ekonomiczna.
- [4] Piwnik J. 2010. „Teoria i eksperyment w analizie procesów wyciskania. Rozprawy Naukowe nr 200”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej.
- [5] Gavrus A., H. Francillette, D.T. Pham. 2012. “An optimal forward extrusion device proposed for numerical and experimental analysis of materials tribological properties corresponding to bulk forming processes”. *Tribology International*, vol. 47: 105–121.

---

Dr inż. Andrzej Kubit – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: akubit@prz.edu.pl

Dr inż. Rafał Kluz – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: rkkmtiop@prz.edu.pl

### SBORKA nr 7 (180), 2015

1. Wyznaczenie racjonalnych parametrów żyroskopowego stabilizatora położenia wytaczaka
2. Badania eksperymentalne wpływu wybranych oddziaływań na demontaż połączeń śrubowych
3. Montaż z wykorzystaniem zautomatyzowanej bazy danych w budowie maszyn przemysłu jądowego
4. Siłowe parametry w procesach otwartego nawijania
5. Dokładność obliczeń inżynierskich wykonywanych z uwzględnieniem tolerancji
6. Wyznaczanie wcisków w połączeniach stożkowych z pierścieniem zaciskowym
7. Zastosowanie modelowania komputerowego w celu optymalizacji wymiarów geometrycznych i masowych charakterystyk części
8. Obliczanie sił w napędach posuwowych przy wykonywaniu ruchów orientujących chwytaka manipulatora
9. Technologia magnetycznego polerowania w magnetyczno-ściernym urządzeniu

### SBORKA nr 8 (181), 2015

1. Ocena wpływu kąta nachylenia zewnętrznej ścianki pośredniego kanału silnika turbinowego na kąt wyjścia strumienia
2. Rozpoznawanie konstrukcyjno-technologicznego stanu wyrobu na podstawie jego modelu elektronowego
3. Połączenia typu Press-fit (analityczny przegląd)
4. Statystyczne modelowanie niezawodności różnorodnych struktur systemów technologicznych
5. Cechy charakterystyczne konstrukcji i technologii wykonania mechanizmu naprowadzania stosowanego przy wyciąganiu OTWS aktywnej strefy reaktora
6. Urządzenie do mocowania narzędzi ściernych
7. Niedemontowalna diagnostyka stanu obciążonych dynamicznie zespołów i mechanizmów obrabiarek skrawających na podstawie analizy sygnałów wibracyjnych
8. Doskonalenie procesów montażowych wykorzystaniem metodyki planowanego eksperymentu LIS-HIN i metody analizy ryzyka FMEA

### SBORKA nr 9 (182), 2015

1. Graniczne zakresy ruchu orientowników przy zautomatyzowanym ustawianiu kompletów „uszczelnienie – łączona część”
2. Metoda rozdzielania strumieni części przy rozwiązywaniu zadania kompletowania w montażu selekcyjnym wyrobów typu „łożysko”
3. Projektowanie urządzeń do nakładania kompozycji klejowych w montażu wyrobów ze stopów aluminium

4. System dwuprofilowej kontroli kół zębatych w celu zwiększenia jakości prac montażowych przekładni z ewolwentowymi przekładniami zębatymi
5. Wyznaczanie siły wstępnego wciskania opór łożyskowych wrzeciona szlifierskiego
6. Degradacja izolacji elektrycznej w niskoprądowych konstrukcjach elektronicznych zespołów montowanych
7. Organizacja i przygotowanie produkcji montażowej agregatów i przyrządów metodą grupowej zamienności
8. Perspektywiczne kierunki zwiększania poziomu technologicznego przygotowania produkcji wyrobów precyzyjnych na obrabiarkach OSN
9. Montaż elektronicznej włączająco-regulacyjnej aparatury

### SBORKA nr 10/2015 (183)

1. Automatyzacja i optymalizacja procesu monitorowania bezprzewodowej korporacyjnej sieci wykorzystywanej w procesach montażu i projektowania części i zespołów
2. Model matematyczny wydajności mechanicznego tarczowego i zębatego pojemnika urządzenia podającego z parametrycznymi przerwami
3. Schemat kompletowania montażu selekcyjnego wyrobów typu „łożysko”
4. Opracowanie konstrukcji składanych narzędzi – przeciągaczy do szybkościowego przeciągania części zamkowej łopatek sprężarek z trudno obrabialnego materiału
5. Montaż amalgamatowych lamp bakterioobójczych o małym ciśnieniu typu DB
6. Zapewnienie zamienności przy montażu wyrobów o małej sztywności za pomocą ściskającego zginania elastomerem
7. Wpływ technologii wykonywania kołkowych połączeń wciskanych na właściwości eksploatacyjne wyrobów

### SBORKA nr 11/2015 (184)

1. Analiza sposobów zwiększania wydajności urządzeń druku przestrzennego przy wykonywaniu montowanych wyrobów
2. Zapewnienie stabilności procesu montażu w oparciu o metodę indywidualnego doboru części
3. Lutowanie narzędzi skrawających
4. Montaż mechanizmów ze zregenerowanych w trakcie remontu części
5. Cechy charakterystyczne obliczeń płaskich łańcuchów wymiarowych
6. Technologiczne zapewnienie niezawodności izolacji elektrycznej elektronowych urządzeń awioniki
7. Wyznaczanie nacisków w połączeniach wciskanych z uwzględnieniem materiałów stykających się powierzchni części i warunki ich obróbki

## SBORKA nr 12/2015 (185)

1. Platforma technologiczna wyposażenia stanowiskowego dla wyznaczania charakterystyk geometrii mas części raketowo – kosmicznej techniki
2. Bezstykowa metoda kontroli dokładności pozycjonowania manipulatora robotów przemysłowych
3. Opracowanie narzędzi skrawających do przeciągania części silnika turbinowego przy zwiększonych warunkach skrawania
4. Lutowanie narzędzi skrawających
5. Automatyzacja procesu spawania czołowych szwów przegródek statora w hermetycznych pompach elektrycznych
6. Kompleksowe podejście do wytwarzania bloków urządzeń pneumatycznych
7. Zapewnienie właściwości eksploatacyjnych odpowiedzialnych części za pomocą konstituowania pola naprężeń własnych
8. Pneumatyczne wibracyjno-stykowe urządzenie do kontroli średnic przewodzących prąd elementów
9. Technologia stabilizacji naprężeń własnych w sprężystych elementach pomiarowych napędów pneumatycznych z zastosowaniem ultradźwiękowej energii
10. Warunki ruchowe wielorzecionowego wkrętaka śrub dwustronnych w momencie zdjęcia uchwytów wkręcających śruby
11. Uzasadnienie dokładności metody automatycznego wyznaczania minimalnego wymiaru porów w materiałach

Opracował: Jerzy Łunarski

---

## LISTA RECENZENTÓW ARTYKUŁÓW W CZASOPIŚMIE „TECHNOLOGIA I AUTOMATYZACJA MONTAŻU” W 2016 R.

dr hab. inż. Stanisław Antas prof. PRz

dr inż. Barbara Cieczińska

prof. dr hab. inż. Tygran Dzhuguryan

dr inż. Lidia Gałda

prof. dr hab. inż. Witold Gutkowski

prof. dr hab. inż. Ihor Hurey

dr inż. Jan Jaworski

prof. dr hab. inż. Tadeusz Kacperski

dr inż. Rafał Kluz

dr inż. Andrzej Komorek

dr inż. Tadeusz Kowalski

prof. dr hab. inż. Mark Kristal

dr inż. Andrzej Kubit

prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski

dr hab. inż. Piotr Łebkowski, prof. AGH

dr inż. Marek Magiera

prof. dr hab. inż. O.W. Mamluk

dr hab. inż. Jacek Michalski, prof. PRz

dr hab. inż. Jacek Mucha, prof. PRz

dr inż. Zenon Opiekun

prof. dr hab. inż. Vitalyi Pasichnyk

prof. dr hab. inż. Paweł Pawlus

dr inż. Ryszard Perłowski

dr hab. inż. Marek Rośkiewicz, prof. WAT

dr inż. Tomasz Samborski

prof. dr hab. inż. Jarosław Sęp

dr hab. inż. Leszek Skoczylas, prof. PRz

dr inż. Krystyna Skoczylas

dr inż. Dorota Stadnicka

dr hab. inż. Jerzy Stamirowski, prof. PŚk

prof. dr hab. inż. Zbigniew Starczewski

prof. dr hab. inż. Mirosław Śmieszek

prof. dr hab. inż. Raul Turmanidze

prof. dr hab. inż. M.W. Wartanow

dr hab. inż. Władysław Zielecki, prof. PRz

## TARGI NORYMBERSKIE

4 października br. w hotelu Sheraton odbyła się konferencja prasowa Targów Norymberskich. W spotkaniu udział wzięli: Peter Ottmann – rzecznik prasowy Targów, Thomas Koch – dyrektor wykonawczy oraz Anna Talarek z MERITUM S.C. – Przedstawicielstwo Targów Norymberskich w Polsce.

historię Norymbergi i jej położenie geograficzne, a także powiedział: *Dzięki naszej ofercie międzynarodowych targów specjalistycznych i branżowych, szczególnie interesujących z punktu widzenia polskiego rynku, Norymberga jest znakomitą platformą prezentacji dla polskich przedsiębiorstw, które chciałyby zaistnieć na niemieckim rynku.*



Peter Ottmann – rzecznik prasowy Targów Norymberskich (fot. MERITUM S.C.)

Targi Norymberskie organizują ponad 120 specjalistycznych imprez targowych i kongresów w Norymberdze oraz innych miejscach targowych na świecie. Rocznie gromadzą ok. 27 tys. wystawców (39% spoza Niemiec) i ponad milion odwiedzających specjalistów (22% spoza Niemiec). W okresie ostatniej dekady Targi Norymberskie utrwaliły swoją pozycję globalnego przedsiębiorstwa targowego, zaliczanego do 15 największych targowych firm na świecie oraz do dziesięciu najlepszych i najszybciej rozwijających się w Europie.

25 lat po podpisaniu przez rządy obu krajów polsko-niemieckiego traktatu o dobrym sąsiedztwie i przyjaznej współpracy, wzajemne powiązania ekonomiczne są ściśle jak nigdy przedtem. Polska gospodarka rozwija się intensywnie, zajmując jedną z czołowych pozycji wśród rynków rosnących w obrębie Unii Europejskiej. Niemcy są najważniejszym partnerem handlowym tych pozytywnych procesów, a oba kraje systematycznie rozbudowują współpracę – na płaszczyźnie ekonomicznej, politycznej i społecznej. 27% polskiego eksportu przeznaczone jest na rynek zachodniego sąsiada, skąd z kolei pochodzi 23% wszystkich importowanych dóbr do Polski.

W statystykach dotyczących liczby profesjonalistów odwiedzających Targi Norymberskie Polska niezmiennie od lat nie schodzi z listy „top ten”. Peter Ottmann przytoczył krótką

Najchętniej odwiedzaną przez Polaków imprezą są połączone targi FENSTERBAU FRONTALE (Międzynarodowe Branżowe Targi Okien, Drzwi i Fasad) oraz HOLZ-HANDWERK (Europejskie Specjalistyczne Targi Technologii Maszynowej i Środków Produkcji Branży Drzewiarskiej), na które przyjeżdża ok. 2,5 tys. polskich specjalistów, ale także Spielwarenmesse (Międzynarodowe Targi Zabawek), BIOFACH (wiodące Światowe Targi Żywności Ekologicznej) oraz Interzoo (wiodące Międzynarodowe Specjalistyczne Targi Artykułów dla Zwierząt Domowych) osiągnęły w 2016 r. czterocyfrowe liczby odwiedzających z Polski. Istotne jest, że w statystykach wystawców Polska najsilniej reprezentowana była w tym roku na targach Interzoo i Spielwarenmesse z liczbą ok. 60 przedsiębiorstw wystawiających się podczas każdej z tych imprez. Na miejscu trzecim znalazły się targi FENSTERBAU FRONTALE, których ostatnia edycja przyciągnęła ponad 40 wystawców z Polski.

Na koniec konferencji głos zabrała p. Anna Talarek, która podsumowała wypowiedź przedmówcy i raz jeszcze zaznaczyła jak ważne są te Targi dla polskiej gospodarki. Tradycyjnie już na zakończenie kilka pytań zadał zgromadzeni dziennikarze, a wyczerpujących odpowiedzi udzielili goście z Niemiec. Rozmowa była kontynuowana podczas późniejszego lunchu.



# Bosch Rexroth świętuje 25-lecie działalności w Polsce

## „Od 25 lat wprawiamy w ruch”



Firma Bosch Rexroth Sp. z o.o. działa w Polsce już od 25 lat. Z tej okazji w centrali firmy w Warszawie, 15 września br. odbyły się obchody jubileuszu 25-lecia działalności firmy w Polsce. Spotkanie z klientami, partnerami biznesowymi oraz przedstawicielami uczelni było okazją nie tylko do wspomnień związanych z historią rozwoju firmy w kraju, ale przede wszystkim do zaprezentowania innowacyjnych rozwiązań w przemyśle oraz do podzielenia się wiedzą i doświadczeniem firmy Bosch Rexroth w zakresie koncepcji Przemysłu 4.0.

Obchody jubileuszu rozpoczęła konferencja techniczna zorganizowana pod hasłem „Przemysł 4.0 – czwarta rewolucja przemysłowa”. Po krótkim wstępie wprowadzającym w tematykę koncepcji Przemysłu 4.0, goście wzięli udział w wykładach, ćwiczeniach oraz szkoleniach z zakresu produktów i rozwiązań wpisujących się w tę ideę. Parametryzacja napędów i sterowań Rexroth, projektowanie systemów transportowych w programie



W TI-rze wystawowym zaprezentowane zostały wydajne i nowoczesne komponenty z zakresu techniki przemieszczeń liniowych, systemy wieloosiowe oraz przydatne narzędzia inżynierskie

MTpro, konfiguracja agregatów i bloków hydraulicznych, naprawy pomp wielotłokowych, najczęstsze awarie i ich przyczyny, oryginalne części zamienne, montaż i demontaż pomp – testy na stanowisku czy ćwiczenia w laboratorium hydrauliki oraz laboratorium napędów elektrycznych to tylko niektóre z tematów, w których zakresie goście mogli wzbogacić swoją wiedzę.

Dużym zainteresowaniem cieszył się również specjalny TIR wystawowy prezentujący wydajne i nowoczesne komponenty z zakresu techniki przemieszczeń liniowych, systemy wieloosiowe oraz przydatne narzędzia inżynierskie. Natomiast zwiedzając wystawę eksponatów w jubileuszowym namiocie sferycznym, można było przekonać się, że elastyczność, oszczędność oraz konkurencyjność to cechy produktów i rozwiązań oferowanych



Wystąpienie zarządu firmy Bosch Rexroth Sp. z o.o. podczas gali jubileuszowej 25-lecia działalności firmy Bosch Rexroth na rynku polskim. Na zdjęciu: Marzena Głozak-Krochmal, Dyrektor Finansowy oraz Thomas Ilkow, Dyrektor Generalny Bosch Rexroth Sp. z o.o.



Gala jubileuszowa 25-lecia firmy Bosch Rexroth Sp. z o.o.

przez firmę Bosch Rexroth w ramach koncepcji Przemysłu 4.0.

W drugiej części obchodów jubileuszu odbyła się uroczysta gala, którą swoją obecnością zaszczytili m.in. kilkusobowa delegacja z centrali firmy w Niemczech, w tym Steffen Haack, członek zarządu firmy Bosch Rexroth AG w Niemczech, Krystyna Boczkowska, prezes zarządu firmy Robert Bosch Sp. z o.o. oraz reprezentantka Grupy Bosch w Polsce, oraz Rolf Nikiel, ambasador Republiki Federalnej Niemiec. Galę poprowadził znany polski dziennikarz telewizyjny, reporter i prezydent Radosław Brzózka.

Gościem specjalnym jubileuszowej gali był profesor Piotr Płoszajski, kierownik Katedry Teorii Zarządzania w Szkole Głównej Handlowej, który w swoim wystąpieniu podjął temat zmian zachodzących w dzisiejszych modelach biznesowych w obliczu trwającej rewolucji przemysłowej, którą profesor określa mianem „rewolucji w permanentnej wersji Beta”. Jest to rewolucja sieci, platform, ludzi i technologii cyfrowych, która „zacierá różnice pomiędzy sferami fizycznymi, cyfrowymi i biologicznymi”, zakłóca niemal wszystkie sektory we wszystkich krajach, a zakres i głębokość tych zmian wymaga transformacji całego systemu produkcji, zarządzania i rządzenia. Ważna staje się umiejętność śledzenia tzw. słabych sygnałów (technologicznych, rynkowych, gospodarczych, klienckich itd.), która staje się najważniejszą kompetencją nowych liderów biznesu. Powstaną biliony połączeń urządzeń, z wielką mocą obliczeniową, wyposażone w sztuczną inteligencję oraz z dostępem do wiedzy, których konsekwencje są właściwie nieograniczone. Wszystko to zmusi firmy do zmiany strategii, modeli biznesowych, pojęcia konkurencji i przewag konkurencyjnych czy sposobów zarządzania ludźmi. To czas kreowania nowych biznesowych zwycięzców i przegranych.

Uroczystą galę uświetnił także występ Kwartetu Obsession.

Źródło: Bosch Rexroth Sp. z o.o.

# Nowe książki



Przekładnie ślimakowe swoją popularność wśród projektantów zawdzięczają zwartości, dużemu przełożeniu na jednym stopniu, cichobieżności, płynnemu przenoszeniu napędu i względnie dużej trwałości w porównaniu z innymi przekładniami zębatymi. Dodatkową zaletą jest to, że mogą pełnić jednocześnie rolę hamulca w ruchu nawrotnym, przekazując ruch tylko w jedną stronę. Wszystkie te zalety odnoszą się do przekładni ślimakowych pracujących jako reduktory.

Jest to unikatowa na rynku książka, traktująca o tego rodzaju przekładniach.

## PRZEKŁADNIE ŚLIMAKOWE

Henryk G. Sabiniak: Przekładnie ślimakowe. Wydawnictwo WNT. Warszawa 2016. Stron 450.

Stanowi doskonale uzupełnienie i uaktualnienie wiedzy przedstawionej w książce Z. Kornbergera, z 1978 r. i wydanej przez Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Opisuje bowiem najnowsze osiągnięcia w dziedzinie przekładni zębatych, w tym szczególnie dotyczące przekładni ślimakowych.

Książka dotyczy m.in. następujących zagadnień:

- rozkładów obciążeń w ząbieniach ślimakowych,
- metod numerycznych w odwzorowaniach geometrycznych konstrukcji,
- barier wytrzymałościowych i eksploatacyjnych przekładni ślimakowych,
- teorii smarowania w ząbieniach ślimakowych,
- stanu i perspektyw rozwoju przekładni ślimakowych.

Autor – prof. dr hab. inż. Henryk Sabiniak jest dyrektorem Instytutu

Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej.

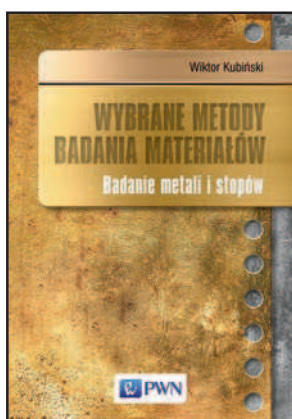
Licząca 450 stron książka jest podzielona na 3 części:

**Część I zawiera rozważania związane z poszukiwaniem rozkładu obciążenia w ząbieniach ślimakowych.** Dotyczą one w dużej mierze przekładni zębatych o zębach prostych i skośnych. Jest to część teoretyczna, opierająca się na teorii płyty;

**Część II dotyczy projektowania przekładni ślimakowych.** Omówione są w niej też bariery związane z podanymi zależnościami, a także z uwarunkowaniami eksploatacyjnymi. Stanowi ona wytyczne dla projektantów i konstruktorów przekładni ślimakowych;

**Część III zawiera teorię i praktykę eksploatacji przekładni ślimakowych.** Zamieszczono w niej podstawy wiedzy o zjawiskach związanych z powstawaniem i utrzymywaniem się warstwy smarnej (filmu olejowego) w ząbieniu ślimakowym. Podano zasady doboru środków smarnych i ich ilości, a także sposobów smarowania.

Książka jest adresowana do studentów wydziałów mechanicznych, inżynierów konstruktorów, użytkowników przekładni zębatych, pracowników naukowych i osób zajmujących się napędami.



Badanie właściwości jest podstawą znajomości materiałów, która jest niezbędna przy ich doborze na wszelkie konstrukcje. Wśród materiałów konstrukcyjnych wciąż dominują metale i ich stopy.

## WYBRANE METODY BADANIA MATERIAŁÓW. BADANIE METALI I STOPÓW

Wiktor Kubiński: Wybrane metody badania materiałów. Badanie metali i stopów. Wydawnictwo PWN. Warszawa 2016. Stron 220.

Książka zatytułowana „Wybrane metody badania materiałów. Badanie metali i stopów” stanowi pierwszy tom książek dotyczących tematyki opisującej wybrane metody badania materiałów.

Autorem publikacji jest dr hab. inż. Wiktor Kubiński, profesor Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Wydział Zarządzania). Autor wykłada m.in. Materiałoznawstwo na AGH (od 12 lat),

wcześniej pracował w przemyśle, jest autorem ok. 200 artykułów naukowych oraz książek.

Niniejsza książka, będąca kompendium wiedzy dotyczącej nowoczesnych sposobów badania materiałów – metali i stopów, opisuje różne metody:

- sposoby przygotowania próbek do badań,
- najczęściej stosowane metody wykonywania badań oraz
- metody oceny wyników tych badań.

Uzupełnieniem przedstawionych informacji jest krótkie scharakteryzowanie metali pod względem budowy, właściwości i technologii ich obróbki.

W książce można znaleźć informacje m.in. na temat:

- badania twardości metali (metody statyczne, dynamiczne, magnetyczne),

- prób technologicznych metali (próby dla blach, drutów, rur),
- metalograficznych metod badania metali i stopów,
- badań korozyjnych oraz nieniszczących.

Książka jest adresowana przede wszystkim do studentów kierunków technicznych wyższych uczelni o różnych specjalnościach (np. materiałoznawstwo, inżynieria materiałowa, mechanika i budowa maszyn), studentów uczelni ekonomicznych

na kierunkach towaroznawstwo oraz zarządzanie i inżynieria produkcji.

Publikacja może również zainteresować pracowników działów kontroli jakości czy specjalistów zatrudnionych w firmach wykorzystujących omawiane materiały.

XIX edycja Seminarium Szkoleniowego

## „Nowoczesne Trendy w Obróbce Ciepłej” – relacja



**14 i 15 września br., w urokliwym pałacu Mierzęcin spotkali się eksperci ze świata nauki i biznesu, by uczestniczyć w zorganizowanym przez lidera zaawansowanych rozwiązań obróbki ciepłej metali SECO/WARWICK, Seminarium Szkoleniowym „Nowoczesne Trendy w Obróbce Ciepłej”. Liczne prelekcje, panele dyskusyjne, wykłady autorytetów z tej dziedziny – tak można opisać coroczne spotkania pod banderą SECO/WARWICK.**

W tym roku część merytoryczna składała się z 13 wykładów, a w roli prelegentów wystąpili inżynierowie praktycy oraz autorytety branżowe i naukowe. Seminarium zostało otworzone przez Wiceprezesa Zarządu Jarosława Talerzaka, który przypomniał 25-letnią historię tworzenia imperium obróbki ciepłej.

Pierwszego dnia swój wykład miał prof. D. H. Herring, światowej klasy ekspert z zakresu obróbki ciepłej, metalurgii oraz rozwoju nowych produktów, który przedstawił najlepsze metody hartowania kół zębatych wrażliwych na deformacje. Z kolei, prof. J. Pacyna, będący autorytetem w dziedzinie

metaloznawstwa i metalurgii proszkowej z AGH w Krakowie, opowiadał o obróbce ciepłej stali w świetle zasady wystarczającej hartowności, zaś o zaletach nowoczesnej technologii azotowania gazowego – ZeroFlow®, minimalizującej zużycie mediów procesowych i redukującej emisję gazów poprocesowych – wypowiedział się Tomasz Przygoński, Dyrektor Rozwoju Urządzeń Segmentu Thermal wspierający grupę SECO/WARWICK w zakresie rozwiązań technicznych i ich rozwoju.

Drugi dzień spotkania, moderowany przez prof. L. Małdzińskiego, znawcę azotonawęglania z Politechniki Poznańskiej, przeznaczony został na omówienie zależności między łańcuchem produkcyjnym i obróbką ciepłą. Zwiększaniu efektywności i produktywności, dzięki zastosowaniu aplikacji nawęglania próżniowego z wykorzystaniem linii Vector – CaseMaster i UniCase Master® było poświęcone wystąpienie dr. Macieja Koreckiego, Wiceprezesa Zarządu Segmentu Próżni.

Podczas tegorocznego, dwudniowego seminarium uczestnicy spotkania zgłębiali tematy z zakresu: inżynierii materiałowej, procesów i technologii

obróbki ciepłej, a także narzędzi oraz wyposażenia wspomagającego produkcję. Cały zakres tematyczny przedstawiany był w ujęciu ekonomicznym, jakościowym i wydajnościowym, bowiem te trzy hasła były motywem przewodnim seminarium.

„Seminarium Szkoleniowe SECO/WARWICK to idealny sposób na wymianę doświadczeń, poszerzenie wiedzy branżowej i nawiązanie kontaktów biznesowych”, mówi Katarzyna Sawka, Globalny Dyrektor Marketingu Grupy SECO/WARWICK.

„SECO/WARWICK jest firmą redefiniującą koncept zaawansowanych technologii, których wydajność może być większa przy mniejszym zużyciu energii, niższych kosztach i ulepszonych projektach technicznych. Ekonomia, jakość i wydajność to trzy hasła dające przewagę technologiczną, operacyjną i rynkową, we wszystkich procesach obróbki ciepłej, a które łączyły tegoroczne Seminarium Szkoleniowe. Już dzisiaj zapraszamy na przyszłoroczną i wyjątkową, bo już XX edycję Seminarium Szkoleniowego SECO/WARWICK”, dodaje Sawka.

Źródło: Seco Warwick



W publikacji kompleksowo omówiono teoretyczne i praktyczne zagadnienia związane z projektowaniem przekładni zębatych stosowanych w systemach napędowych maszyn. Przedstawione w opracowaniu metody doboru wielkości podstawowych i obliczeń wytrzymałościowych kół zębatych (według ISO) z powodzeniem można odnieść do każdego z zastosowań przemysłowych. Książka dostarcza wiadomości nie tylko w odniesieniu do problemów dotyczących projektowania przekładni

## PRZEKŁADNIE ZĘBATE

Antoni Skoć, Eugeniusz Świtoński:  
*Przekładnie zębate*. Wydawnictwo PWN. Warszawa 2016. Stron 850

zębatych, ale także związanych z ich eksploatacją.

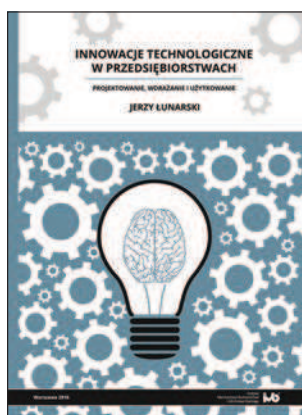
Dzięki lekturze książki „Przekładnie zębate” czytelnik pozna i utrwali m.in.:

- podstawowe pojęcia związane z geometrią i kinematyką zazębienia,
- zasady obliczania obciążenia i wytrzymałości zmęczeniowej zazębienia na zginanie i pitting (wg ISO) oraz odporności na zatarcie i zagrzanie,
- wymagania stawiane materiałom na koła zębate,
- sposoby smarowania przekładni i wymagania stąd wynikające,
- problematykę związaną z wpływem parametrów geometrycznych i technologicznych oraz czynników eksploatacyjnych na hałas emitowany przez przekładnie.

Książka stanowi kompletny zbiór wiedzy niezbędny w pracy konstruktorów, technologów oraz użytkowników

przekładni. Jest przydatna także dla studentów wydziałów mechanicznych i pokrewnych, a także słuchaczy specjalistycznych kursów. Czytelnik może wykorzystać książkę zgodnie ze swoimi potrzebami w ujęciu całościowym, ale także rozpoczynając studium tam, gdzie kończą się jego wcześniejsze nabyte wiadomości, zagłębiając się tak daleko jak sięga jego zainteresowanie.

Autorzy książki „Przekładnie zębate” są wybitnymi i cenionymi specjalistami w swojej dziedzinie. **Profesor Eugeniusz Świtoński** jest wybitnym i cenionym specjalistą w zakresie mechaniki ośrodków ciągłych, ze szczególnym uwzględnieniem teorii powłok i prętów cienkościennych. Jest autorem ponad 200 opracowań i oryginalnych artykułów naukowych. Uczestniczył i był organizatorem ponad 80 międzynarodowych konferencji naukowych. **Profesor Antoni Skoć** jest emerytowanym profesorem Politechniki Śląskiej. Jest członkiem wielu organizacji i stowarzyszeń naukowych: Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Polskiego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej, Polskiego Towarzystwa Tribologicznego, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górniczych.



Innowacyjność technologii i konkurencyjność stanowią główne siły rozwoju cywilizacyjnego i są tematem bardzo wielu analiz, opisów, rozważań teoretycznych i praktycznych w literaturze techniczno-naukowej. Różnorodność kultur i aktywności gospodarczej doprowadziły do wykształcenia wielu modeli gospodarczych, stosowanych metod i narzędzi, przykładów sukcesów i porażek w praktycznych zastosowaniach oraz zaleceń i wytycznych wskazujących do wykorzystania.

Głównym tematem nowej książki, której autorem jest prof. Jerzy Łunarski są procesy tworzenia, wdrażania, eksploatacji oraz transferu innowacji technologicznych w przedsiębiorstwach.

## INNOWACJE TECHNOLOGICZNE W PRZEDSIĘBIORSTWACH

Jerzy Łunarski: *Innowacje technologiczne w przedsiębiorstwach. Projektowanie, wdrażanie i użytkowanie*. Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego. Warszawa 2016. Stron 430

W opracowaniu przyjęto, że innowacje są podstawowym narzędziem doskonalenia technologii, a technologia jest głównym narzędziem doskonalenia konkurencyjności.

Zasadnicze treści opracowania dotyczą głównie technologii mechanicznych, lecz wiele przytaczanych informacji może być wykorzystane przy analizach i kreowaniu innych technologii (nano-, bio-, info-, neuro- i innych).

Książka składa się z czterech części. W pierwszej części przedstawiono ogólny opis technologii i zagadnień z nią związanych. Przyjęto przy tym uproszczoną definicję technologii jako ukierunkowanego procesu wytwarzania potrzebnych wyrobów, realizowanego z wykorzystaniem najnowszych osiągnięć nauki i techniki.

W drugiej części opracowania przytoczono podstawowe informacje

o innowacjach technologicznych, ich kreowaniu, projektowaniu i wdrażaniu. Tu również przyjęto uproszczoną i szeroką definicję innowacji zakładając, że innowacją jest każda zmiana wprowadzona w przedsiębiorstwie, która przynosi wymierne korzyści (zysk, rozwój, prestiż i in.).

Trzecia część książki dotyczy zagadnień projektowania innowacji technologicznych.

W ostatniej, czwartej części omawiane są zagadnienia konkurencyjności przedsiębiorstw, z uwzględnieniem faktu, że technologie stanowią podstawowe jej narzędzie. Przyjęto przy tym uproszczoną definicję konkurencyjności zakładając, że konkurencyjność przedsiębiorstwa to zdolność do stabilnego funkcjonowania i ewentualnie rozwoju w istniejącym otoczeniu.

Książka przeznaczona jest przede wszystkim dla pracowników i kadry zarządzającej małych i średnich przedsiębiorstw, specjalistów zajmujących się problematyką postępu technologicznego, studentów i pracowników uczelni kierunków zarządzania, inżynierii produkcji oraz technik i technologii wytwarzania. Może być ona również pomocna dla pracowników organów administracyjnych uczestniczących w procesach ocen i decyzji związanych z finansowaniem przedsięwzięć rozwojowych (inwestycje, przetargi, konkursy itp.).

W Ambasadzie Republiki Federalnej Niemiec w Warszawie, 11 października br. odbyła się konferencja prasowa dotycząca przyszłorocznych targów przemysłowych HANNOVER MESSE 2017. Konferencję poprzedziło podpisanie przez Marca Siemeringa – Wiceprezesa HANNOVER MESSE oraz Pawła Chorążego – Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Rozwoju, umowy w sprawie udziału Polski jako Kraju Partnerskiego w targach HANNOVER MESSE 2017.

produkcyjnymi po technologie jutra w dziedzinie wytwarzania i dystrybuowania energii. Hasłem tegorocznych targów będzie „Przemysł Zintegrowany – Tworzenie Wartości (Integrated Industry – Creating Value).

Targi HANNOVER MESSE pokazują różne możliwości technologiczne, które mogą pomóc przedsiębiorstwom w dążeniu do cyfryzacji produkcji: *Industry 4.0*, *Integrated Energy*, *Digital Twin*, *Predictive Maintenance*, *Digital Energy*, *Smart Materials*, połączone w sieć i współ-



Marc Siemering (z prawej) oraz Paweł Chorąży (z lewej) podpisują umowę w sprawie udziału Polski jako Kraju Partnerskiego w targach HANNOVER MESSE 2017 (fot. mj)

Wiceminister Paweł Chorąży w swoim wystąpieniu mówił o szansach jakie daje Polsce możliwość prezentacji jako Kraju Partnerskiego HANNOVER MESSE: „Jako Kraj Partnerski Hannover Messe chcemy pokazać różnorodność i dynamikę polskiej gospodarki oraz jej zdolności innowacyjne, a także rozbudować nasze relacje międzynarodowe”.

Ambasador Republiki Federalnej Niemiec w Polsce, Rolf Nikiel zaznaczył, że dla Niemiec Polska jest największym partnerem handlowym w Europie Środkowo-Wschodniej, a w skali globalnej zajmuje 7. miejsce. Z kolei dla Polski Niemcy są najważniejszym partnerem handlowym w skali światowej.

HANNOVER MESSE to najważniejsze na świecie targi przemysłowe. W 2017 r. oczekuje się w Hanowerze 6500 wystawców i ponad 200 tys. zwiedzających. Głównymi tematami wystawy będą technika fabryczna i energetyczna: od innowacyjnych robotów przemysłowych przez oprogramowanie sterujące procesami

pracujące ze sobą roboty (*Cobots*) to tematy, obecne podczas przyszłorocznych targów.

Także w dobie powszechnej cyfryzacji istotnym czynnikiem sukcesu firmy jest człowiek. Dlatego hasło *Integrated Industry – Creating Value* odnosi się także do pracowników produkcji. Dzięki technologiom Przemysłu 4.0 praca jest ciekawsza, mniej monotonna, a czas pracy nabiera większej wartości. Jednocześnie pracownicy muszą nauczyć się funkcjonować w cyfrowej fabryce. Przyszłoroczne targi w Hanowerze będą doskonałą okazją dla zwiedzających do zapoznania się z narzędziami cyfrowej, inteligentnej fabryki.

Od 2005 r. państwa uprzemysłowione występują jako Kraje Partnerskie targów HANNOVER MESSE. W wyniku podpisania umowy Polska w przyszłym roku oficjalnie będzie 12. Krajem Partnerskim. Polska ekspozycja, jako Kraju Partnerskiego będzie się znajdowała w pawilonie nr 3.

HANNOVER MESSE 2017 będą odbywały się w terminie 24–28 kwietnia 2017 r.

## Artykuły główne

### Zeszyt 1/2016

- Pasechnyk V., Khmurenko A.: **Wpływ konstrukcyjno-technologicznych parametrów konstrukcji kompozytowych na syntezę łańcuchów wymiarowych**
- Zbrowski A., Samborski T.: **Urządzenie do pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych**
- Łunarski J.: **Metoda oceny przydatności produkcyjnej specjalnych urządzeń montażowych**
- Rychlik K.: **Modularyzacja procesów szkolenia operatorów maszyn budowlanych**
- Chłosta M., Budny E.: **Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie. Cz. I**
- Cieślak R., Wysocki I.: **Analiza kosztów wytwarzania wyrobów za pomocą platformy montażowej w firmie Elektrobudowa SA**
- Wojtas M., Sobieszek A., Szczepanik T.: **Weryfikacja możliwości wzmocnienia nasady łopaty wirnika nośnego wiatrakowca**
- Płonka S., Przybytek R., Zyzak P.: **Proces wytwarzania uchwytów do mocowania fotelików w samochodach**
- Zielecki W., Korzyńska K.: **Umacnianie zakładkowych połączeń klejowych stopu tytanu Ti6Al4V metodą pneumokulowania**
- Sobieszek A., Wojtas M., Szczepanik T.: **Opracowanie technologii klejenia anodowanego stopu aluminium 6005 T6 stosowanego w lotnictwie**
- Barylski A.: **Europejska legitymacja zawodowa inżyniera ma już trzy lata**

### Zeszyt 2/2016

- Magiera M.: **Dwukryterialna metoda planowania taktycznego, dotyczącego montażu w hybrydowych systemach przepływowych**
- Bławucki S., Zaleski K.: **Analiza porównawcza wytrzymałości wybranych połączeń przewodniczących, stosowanych w budowie maszyn**
- Dzhuguryan T., Jóźwiak Z.: **Improving the logistics of the multi-floor assembly manufacturing**
- Nieoczym A.: **Stanowisko do zrobotyzowanego procesu spawania zawiasów**
- Czajka P., Garbacz P.: **Metoda inspekcji uszczelniaczy wału z zastosowaniem triangulacji laserowej 2D**
- Kluz R., Kubit A.: **Wpływ parametrów zgrzewania tarcowego z przemieszaniem na nośność połączenia**
- Wiśniewski M., Pietrowiak A., Ciszak O., Peta K., Żurek J.: **Badania parametrów robotów przemysłowych, istotnych w procesach technologicznych montażu**
- Godzimirski J., Tkaczuk S.: **Problemy klejenia komponentów z lekkich kompozytów odpornych na przebicia**
- Domińczuk J., Krawczuk A., Kuczmazewski J.: **Energia powierzchniowa wybranych klejów epoksydowych**
- Rudawska A., Ściuba N., Stančeková D.: **Wpływ obróbki mechanicznej powierzchni na wytrzymałość połączeń klejowych blach ze stali odpornej na korozję**

### Zeszyt 3/2016

- Pasichnyk V., Khmurenko A.: **Specyfika syntezy i analizy łańcuchów wymiarowych dla zapewnienia dokładności konstrukcji montowanych z materiałów kompozytowych**
- Kowalski T., Dubiel G.: **Cechy połączeń modułów konstrukcyjnych obrabiarek rekonfi gurowalnych**
- Stamirowski J.: **Koncepcja technologicznego wyboru urządzeń dla elastycznych systemów produkcyjnych (ESP) z wykorzystaniem zaleceń standardu ISO 10303 STEP**
- Rośkowicz M., Leszczyński P., Chudowska J.: **Analiza nośności połączeń hybrydowych, stosowanych w budowie statków powietrznych**
- Gorelova A., Kristal M., Popov A.: **Dynamiczna stabilizacja przy obróbce głębokich otworów do montażu**
- Barylski A.: **Połączenia konstrukcyjne w narzędziach tarczowych do szlifowania na docierarkach**
- Turmanidze R., Bachanadze V., Popkhadze G.: **Efektywne konstrukcje mikrowiertel z węglików spiekanych do głębokiego wiercenia pakietów płytek drukowanych**
- Rudawska A., Wolińska A., Warda T., Miturska I.: **Wpływ wybranych czynników technologicznych i eksploatacyjnych na wytrzymałość połączeń klejowych blach tytanowych**
- Kłonica M., Kuczmazewski J., Pieško P.: **Analiza stanu powierzchni po cięciu hydroabrazynym metalowych konstrukcji przekładkowych**
- Komorek A., Przybytek P.: **Badanie udarowe połączeń klejowych z wykorzystaniem dedykowanego młota wahadłowego**
- Domińczuk J., Krawczuk A.: **Analiza zdolności kleju do zwilżania powierzchni o określonych właściwościach energetycznych**

### Zeszyt 4/2016

- Wartanow M.W., Gaszin T.A.: **Analiza i wybór rozwiązań technicznych przy projektowaniu urządzeń załadunkowych linii automatycznego montażu medycznych mikroprobówek**
- Pietrowiak A., Ciszak O., Mroczyk M., Jacków M.: **Konstrukcja chwytaka z kontrolą siły chwytu w czasie rzeczywistym**
- Kowalski T., Walkiewicz L.: **Połączenia spawane korpusów obrabiarek lekkich i mobilnych oraz inne cechy konstrukcyjne**
- Pleshakov A.A., Kristal M.G.: **Zapewnienie wymaganej dokładności pomiarów średnic walcowych wkładek dla montażu selekcyjnego wiertel górniczych**
- Budny E., Chłosta M.: **Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie (cz. II)**
- Barylski A.: **Analiza kosztów konfiguracji i montażu uchwytów modułowych na przykładzie obróbki dźwigni dwustronnej**
- Peta K., Żurek J., Wiśniewski M., Pietrowiak A.: **Zastosowanie metody FMEA do oceny jakości montażu nierozłącznego (lutowania) wybranych wyrobów**
- Matuszak J., Zaleski K.: **Kształtowanie krawędzi przedmiotów ze stopu tytanu Ti6Al4V metodą szrotkowania**
- Skoczylas L., Skoczylas K.: **Automatyzacja obliczeń istotności wpływu parametrów w procesach wytwarzania**
- Kubit A., Kluz R.: **Technologia kształtowania końcówek kablów do podłączania aparatury rozdzielczej**

# Czytaj **POLSKĄ** prasę fachową

Cennik prenumeraty na 2017 r. (ceny brutto rocznej prenumeraty papierowej)

 <p>miesięcznik 300,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 252,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 360,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 342,00 zł</p>	 <p>dwumiesięcznik 198,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 420,00 zł</p>
 <p>miesięcznik 342,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 300,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 378,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 378,00 zł</p>	 <p>dwumiesięcznik 378,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 300,00 zł</p>
 <p>miesięcznik 468,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 360,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 600,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 264,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 324,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 312,00 zł</p>
 <p>dwutygodnik 286,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 252,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 324,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 360,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 360,00 zł</p>	
 <p>dwumiesięcznik 240,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 624,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 318,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 318,00 zł</p>		
 <p>miesięcznik 384,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 384,00 zł</p>	 <p>miesięcznik 318,00 zł</p>			
 <p>e-kwartalnik 80,00 zł</p>	 <p>kwartalnik 92,00 zł</p>				

Czasopisma dostępne tylko w prenumeracie wariantach:

- wersja papierowa,
- wersja **PLUS** z dostępem do e-publicacji,
- wersja **ciągła PLUS** z **10%** rabatem (automatycznie odnawiająca się co roku)

PRASA FACHOWA

**SIGMA-NOT**

www.sigma-not.pl



więcej informacji: 22 840 30 86, prenumerata@sigma-not.pl

# XXX Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych

2017

XXX  
Konferencja  
Naukowa PRMR  
ZAKOPANE 24–27.01.2017

30  
LECIE  
1987-2017

TEMAT PRZEWODNI

## Eco i elektromobilność maszyn roboczych i pojazdów

24-27 stycznia 2017 roku  
Zakopane

### Tak, Szanowni Państwo, to już 30 lat naszej Konferencji!

Cofnijmy się pamięcią do początku naszych spotkań. Jednym z prekursorów Konferencji, jej pomysłodawcą i pierwszym Przewodniczącym Komitetu Naukowego był prof. dr hab. inż. Stanisław Oziemski, Koordynator ówczesnego Centralnego Programu Badań Podstawowych 05.2. ukierunkowanego na rozwój podstaw budowy, eksploatacji i badań maszyn roboczych - w tym budowlanych. Konferencje miały wtedy przede wszystkim charakter prezentacji i wymiany myśli i poglądów dot. maszyn i ich rozwoju, i odbywały się w różnych miejscach w Polsce. Od roku 1994 Konferencja nosi nazwę „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, a miejscem corocznych spotkań stało się Zakopane. Od 2003 roku przewodniczenie Komitetowi Naukowemu Konferencji zostało powierzone prof. dr hab. inż. Janowi Szlagowskiemu, a skład Komitetu Naukowego również ulegał zmianom. Jedną jednak cechą Konferencji od początku

jest niezmienna: niezmiennie od 30 lat coroczne spotkania przedstawicieli świata nauki i przemysłu to nie tylko platforma wymiany myśli i wiedzy technicznej, ale i żarliwych dyskusji nad problemami dotyczącymi maszyn roboczych i mechaniki. Przewodnią myślą Konferencji jest od początku współpraca nauki i przemysłu oraz transfer rozwiązań naukowych do wykorzystania w gospodarce, i odwrotnie – inspiracja potrzeb przemysłu do efektywnego rozwiązania przez polskich naukowców. Corocznie tematyka Konferencji rozszerza się – jest to zrozumiałe zarówno w obliczu rozwoju konstrukcji maszyn i urządzeń, sterowania, zastosowań zaawansowanej elektroniki, coraz doskonalszych systemów informatycznych w projektowaniu, jak i produkcji i eksploatacji, nowych materiałów konstrukcyjnych oraz lepszych, energooszczędnych technologii.

Udział w konferencji to doskonała okazja do poznania najnowszych trendów rozwojowych i naukowych w dziedzinie ściśle związanej z rozwojem gospodarczym. Obecność uznanych autorytetów ze świata nauki, biznesu i środowisk zainteresowanych tym obszarem badawczym będzie okazją do wygenerowania wspólnych projektów wspierających innowacyjność. Konferencja to dla naukowców okazja do poznania oczekiwań i wymagań przemysłu, natomiast praktycy zainteresowani rozwojem technologii mają możliwość konfrontacji potrzeb z efektami badań prowadzonych przez nich w laboratoriach uczelniach czy instytutach. Wspólne działania w nowatorskich przedsięwzięciach mogą ułatwić produkcję prototypów czy przyspieszyć wdrożenie nowoczesnych rozwiązań.

#### ORGANIZATORZY:



Instytut  
Mechanizacji Budownictwa  
i Górnictwa Skalnego



Instytut Maszyn  
Roboczych Ciężkich  
Politechnika Warszawska



Instytut  
Budowy Maszyn  
WME-WAT



Wydział  
Mechaniczny  
Politechnika Wrocławska

## Serdecznie zapraszamy!!!

Więcej informacji oraz rejestracja uczestników na stronie [www.prmr.pl](http://www.prmr.pl)