



fot. IMBiGS

WIEDZA TWOJĄ PRZEWAĞĄ

WIRTUALNA CZYTELNA

NA PORTALU INFORMACJI TECHNICZNEJ

www.sigma-not.pl



również na urządzenia mobilne

**WYGODNY DOSTĘP
DO POLSKIEJ PRASY FACHOWEJ
W KAŻDEJ CHWILI**

więcej informacji:

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

22 827 43 65, reklama@sigma-not.pl

70 lat
WYDAWNICTWO SIGMA-NOT 



ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. inż. Jerzy Łunarski
Z-ca Redaktora Naczelnego – dr inż. Martyna Jachimowicz
tel. 663 311 966

Redaktorzy tematyczni:

Dr inż. Rafał Kluz (technologia, automatyzacja)
Dr inż. Katarzyna Antosz (niezawodność, eksploatacja)
Dr inż. Mirosław Chłosta (inżynieria, produkcja)
Dr inż. Andrzej Kubit (struktury i systemy montażu)

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 (Połocki 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 Maszynostroitielnyj Uniwersytet, Rosja), prof. Władimir P. Woronienko (Moskowskij Gosudarstwiennyj Technologiczeskij Uniwersytet, Rosja), prof. Jan Żurek (Politechnika Poznańska) – przewodniczący

ADRES REDAKCJI:

Kwartalnik „Technologia i Automatyizacja Montażu”
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:

Wydawnictwo SIGMA-NOT
ul. Ratuszowa 11, 00-950 Warszawa
e-mail: sekretariat@sigma-not.pl

WYDAWCA:



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



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 80 zł
Wersja pierwotna: elektroniczna

W numerze

- Wiśniewski M., Ciszak O., Peta K., Suszyński M., Cieślak R.: Analiza momentów i sił chwytających przysawek w modułowych chwytakach podciśnienia 6
- Kozioł S., Samborski T., Zbrowski A., Ziemowicz Z.: Badania płynowskazów przeznaczonych do układów hydraulicznych z zaawansowaną diagnostyką 13
- Kagankiewicz F.: Automatyizacja czynności orientowania przestrzennego i wzajemnego w operacjach montażowych na przykładzie śruby M8. 21
- Barylski A.: Zastosowanie uchwytów modułowych w operacjach spawalniczych. ... 25
- Zielecki W., Bąk Ł., Guźla E., Bucior M.: Analiza statystyczna wpływu parametrów pneumokulowania na nośność połączeń klejowych stopu aluminium 2024 30
- Łunarski J.: Modularyzacja jako element budowy przewagi konkurencyjnej. 35
- Zielecki W., Bielenda P.: Analiza statystyczna badań wytrzymałości na ścinanie połączeń czopowo-walcowych. 39

Wiśniewski M., Ciszak O., Peta K., Suszyński M., Cieślak R.: Analysis of moments and gripping forces of suction cups in modular vacuum grippers.	6	Висьневски М., Цишак О., Пета К., Сушински М., Цесьляк Р.: Анализ моментов и захватных усилий в модульных вакуумных захватах . . .	6
Kozioł S., Samborski T., Zbrowski A., Ziemowicz Z.: Tests of liquid dispensers intended for hydraulic systems with advanced diagnostics	13	Козел С., Самборски Т. Збровски А., Земович З.: Исследование указателей течения предназначенных для гидравлических систем с развитым диагностированием	13
Kagankiewicz F.: Automation of spatial and mutual orientation in assembly operations on the example of M8 screw	21	Каганкевич Ф.: Автоматизация пространственного и взаимного ориентирования в сборочных операциях на примера болта М8	21
Baryliski A.: Application of modular holders in welding operations	25	Барыльски А.: Применение модульных захватов в сварочных операциях	25
Zielecki W., Bąk Ł., Guźla E., Bucior M.: Statistic analysis of the influence shot peening parameters on the capacity of single lap adhesive joints from aluminum alloy 2024	30	Зелецки В., Бонк Л., Гузьля Е., Буциор М.: Статистический анализ влияния параметров пневмошарикного наклепа на работоспособность клеевых соединений алюминиевого сплава 2024	30
Łunarski J.: Modularization as an element of building the competitiveness	35	6. Лунарски Е.: Модульность как способ строения конкурентоспособности.	35
Zielecki W., Bielenda P.: Statistical analysis of shear strength tests adhesively bonded cylindrical joints	39	Зелецки В., Беленда П.: Статистический анализ исследования прочности на срез соединений вал-втулка	39

Wskazówki dotyczące przygotowania artykułów

- Artykuły przeznaczone do opublikowania w kwartalniku „Technologia i Automatyżacja MontaŹu” powinny miec oryginalny i naukowo-techniczny charakter i byc zgodne z problematyk czasopisma. Redakcja przyjmuje artykuły w jęz. polskim, jęz. angielskim i jęz. rosyjskim.
- Artykuł o maksymalnej objętości 5 stron A4 wraz z ilustracjami powinien byc napisany czcionk Times Roman lub Arial 12 pkt, z interlini 12 pkt. Formatowany tekst nie powinien miec podziału na kolumny.
- Tytuł artykułu naleŹy 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 byc następująca: wstęp (wprowadzenie); metodyka (badań, analiz, pracy z podaniem ewentualnie materiałów, załoŹeń itp.); wyniki (badań, analiz); omówienie wyników; wnioski; spis literatury.
- Podpisy pod ilustracjami oraz tytuły tablic naleŹy podać w jęz. artykułu i jęz. angielskim.
- Ilustracje naleŹy dołączyć równieŹ jako osobne pliki w formacie: .jpg, .tiff, z rozdzielczością co najmniej 300 dpi. Wszystkie zamieszczane ilustracje powinny byc własnośc autora(ów) lub naleŹy podać Źródło pochodzenia rysunków.
- Wzory matematyczne pisane w edytorze równań Microsoft Equation i powinny byc oznaczane kolejnym numerem w nawiasie okrągłym. Wszystkie symbole powinny byc objaśnione. NaleŹy stosować jednostki ukłdu SI.
- Spis literatury naleŹy podać w kolejnośc cytowania w tekście, a odnośniki w tekście powinny byc ponumerowane cyframi arabskimi i umieszczone w nawiasach kwadratowych. W przypadku korzystania z Internetu naleŹy podać adres strony i dat odczytu. Liczb autocytowań naleŹy ograniczyć do niezbędnych.
- Do artykułu naleŹy dołączyć streszczenie w jęz. artykułu i jęz. angielskim, zawierające minimum 200–250 słów.
- Pod streszczeniem naleŹy 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 naleŹy 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 czasopiśmiu jest zgodna z zaleceniami Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa WyŹszego zawartymi w opracowaniu „Dobre praktyki w procedurach recenzyjnych w nauce”, Warszawa 2011.

Wszystkie artykuły naukowo-techniczne publikowane w kwartalniku „Technologia i Automatyżacja MontaŹu” są recenzowane.

Nadesłane artykuły są poddawane redakcyjnej ocenie formalnej i otrzymuj numer redakcyjny, identyfikujący je na dalszych etapach procesu wydawniczego, a redakcja wysyła do autorów informacj o przyjęciu artykułu i wysłaniu go do recenzentów. Do oceny kaŹdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezaleŹnych 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 miec form pisemną i koñczyć si jednoznaczny wnioskiem o dopuszczeniu artykułu do publikacji w czasopiśmiu lub jego odrzuceniu. W przypadku pracy w języku obcym, co najmniej jeden z recenzentów jest afiliowany w instytucji zagranicznej innej niŹ narodowość autora pracy. Autorzy są informowani o wynikach recenzji oraz otrzymuj je do wglądu. W sytuacjach spornych redakcja powołuje dodatkowych recenzentów.

Lista recenzentów publikowana jest w ostatnim zeszycie kaŹdego rocznika.

Warunki prenumeraty kwartalnika „Technologia i Automatyżacja MontaŹu” w 2019 r.

Kwartalnik „Technologia i Automatyżacja MontaŹu” ukazuje się formie elektronicznej i jest dostępny on-line na Portalu Informacji Technicznej Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o. (www.sigma-not.pl).

Cena prenumeraty rocznej wynosi: 100 zł (w tym 23% VAT).

Rabaty:

20% – dla członków stowarzyszeń naukowo-technicznych NOT, nauczycieli, studentów i uczniów,

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

Prenumeratę moŹna zamówić:

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

• **faksem:** 22 891 13 74

• **e-mailem:** prenumerata@sigma-not.pl

• **on-line:** www.sigma-not.pl

listownie:

Zakłd KolportaŹu Wydawnictwa SIGMA-NOT
ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa

dokonując wpłty 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 naleŹy podać nazwę czasopisma, liczb zamawianych egzemplarzy i okres prenumeraty).

O POŻYTKACH KONSTYTUOWANIA KULTURY ORGANIZACYJNEJ W SYSTEMACH PRODUKCYJNYCH

Jerzy ŁUNARSKI

Aktualnie przedsiębiorstwa produkcyjno-usługowe, zwłaszcza w sektorze elektromaszynowym, poddawane są presji i konieczności ciągłego doskonalenia ze względu na: wzrastające tempo rozwoju naukowo-technicznego, nasilającą się konkurencję nowych podmiotów gospodarczych oraz przyspieszone zmiany preferencji klientów i rynków wywołujące konieczność oferowania nowych wyrobów o rosnących cechach użytkowych (funkcjonalności, bezpieczeństwa, niezawodności, obsługiwalności i in.).

Obecnie jednym z kluczowych aspektów uzyskiwania przewagi konkurencyjnej jest pozyskiwanie (przez zakupy lub własne B + R) nowych technologii i ich umiejętne wykorzystywanie w procesach wytwórczych. Możliwości te mają jednak ograniczenia wynikające z granicznych możliwości tych technologii oraz konieczności jednoczesnego wykorzystywania technologii powszechnie dostępnych, a nawet częściowo przestarzałych.

Kształtowanie kompleksu wykorzystywanych technologii stwarza konieczność ich optymalizowania pod względem przewidywanych nakładów (na odnowę), dostosowania do asortymentu i skali produkcji oraz uzyskiwanych korzyści (ekonomicznych, prestiżowych).

Każda technologia rozwija się do pewnego pułapu jej możliwości, którego nie może przekroczyć i dopiero opracowanie nowej (w oparciu o osiągnięcia nauk podstawowych), może posiadać ten pułap na znacząco wyższym poziomie.

Należy podkreślić, że rozwój technologiczny jest ściśle powiązany z rozwojem systemów informacyjnych, zwłaszcza intelektualnych i o rozszerzonej inteligencji, które w przyszłości zostaną zastąpione sztuczną inteligencją, a w dalszej przyszłości superinteligencją.

Oprócz kierowania wysiłków na rozwój technologiczny w celu poprawy konkurencyjności w przedsiębiorstwach równolegle prowadzone są różne przedsięwzięcia, których celem jest polepszenie konkurencyjności. Do ważniejszych można zaliczyć:

a) Cyfryzację praktycznie wszystkich aspektów działań przedprodukcyjnych, produkcyjnych

i poprodukcyjnych zmniejszających pracochłonność tych działań, eliminujących błędy i pomyłki oraz marnotrawstwo, umożliwiających bardziej racjonalne wykorzystywanie posiadanych i pozyskiwanych zasobów (czas, materiał, energia, informacja) oraz elastyczne i adaptacyjne dostosowywanie się do zmieniającego się otoczenia i postępujących procesów wewnętrznych.

- b) Ukierunkowywanie wysiłków na jakościową poprawę wszelkich działań oraz wytwarzanych wyrobów i usług poprzez skuteczne doskonalenie wszelkich procesów realizowanych w organizacji z wykorzystaniem podejścia procesowego (identyfikacja i zarządzanie), benchmarkingu (wykorzystywanie cudzych doświadczeń), reinżynieringu (radikalnego przebudowywania procesów), wdrażanie zasad six sigma (eliminowanie możliwości błędów w procesach).
- c) Stosowanie podejścia opartego na identyfikowaniu i skutecznym zarządzaniu ryzykiem we wszelkich przedsięwzięciach doskonalących (inwestycje, nowe technologie, restrukturyzacje itp.). Zalecenia stosowania tego podejścia wskazano w znowelizowanych normach ISO serii 9000 oraz 31000 jak również w innych opracowaniach normalizacyjnych. Umiejętne zarządzanie ryzykiem i unikanie niepewności w podejmowanych działaniach skutecznie sprzyja doskonaleniu.

Realizacja powyższych przedsięwzięć o charakterze organizacyjno-technicznym może osiągnąć określony poziom skuteczności, który można jeszcze zwiększyć poprzez projektowanie i wdrożenie określonej kultury organizacyjnej. Pojęcie kultury organizacyjnej ma wiele znaczeń, a wg W. Kieżuna „jest ona wytworem historii organizacji, walorów byłych i obecnych kierowników, wpływu środowiska w którym działa, specyfiki przemysłu i technologii. Te wszystkie elementy wykorzystują system symboli, który umożliwia określoną interpretację rzeczywistości i nadawanie realnego kształtu organizacji.”

Aby ukształtowana kultura organizacyjna aktywnie wspierała wysiłki na rzecz doskonalenia zalecane są następujące działania:

1. Opracowanie przez naczelne kierownictwo polityki kultury organizacyjnej spójnej ze strategią organizacji i akceptowalnej przez personel.
2. Opracowanie i wdrożenie dokumentów wprowadzających założenie polityki do praktycznego funkcjonowania.
3. Ustanowienie systemu nadzorowania stosowalności polityki (tzn. opracowanych dokumentów) w postaci kontroli administracyjnej, audytów kultury, przeglądów stosowalności i działań korygujących w przypadku zidentyfikowanych niezgodności.
4. Przeprowadzanie okresowych analiz skuteczności oddziaływania wdrożonej kultury na wyniki funkcjonowania organizacji.

Elementami sprzyjającymi kształtowaniu potrzebnej kultury organizacyjnej mogą być m.in.:

- stosowanie zarządzania partycypacyjnego i zarządzania przez cele,
- sprawny system komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej,
- ergonomiczne i bezstresowe warunki pracy na poszczególnych stanowiskach,
- sprawiedliwe i dobrze funkcjonujące systemy: wynagradzania, awansowania, motywowania, przestrzegania odpowiednich kodeksów etycznych itp.

W ramach tworzonej kultury organizacyjnej należy zwracać uwagę oraz podejmować odpowiednie wysiłki celem:

- a) Doskonalenia kapitału ludzkiego poprzez tworzenie warunków do samokształcenia oraz ukierunkowanego szkolenia podwyższającego kompetencje, kształtowania umiejętności dzielenia się wiedzą.
- b) Doskonalenia kapitału strukturalnego poprzez rejestrowanie użytecznej wiedzy w postaci instrukcji, procedur, opisów, regulaminów, kodeksów itp. dotyczących działań, rynków, klientów i in. Kapitał ten wraz z kapitałem ludzkim tworzy tzw. kapitał intelektualny organizacji.
- c) Kapitał intelektualny wraz z kapitałem z kapitałem strukturalnym tworzą tzw. kapitał społeczny

organizacji, który stanowi ważny zasób tej organizacji odzwierciedlając powiązania organizacji z otoczeniem, możliwości pozyskiwania zasobów, możliwości uczenia się i korzystania z wiedzy zewnętrznej, sprzyjając skutecznym działaniom zespołów innowacyjnych i innych.

O istnieniu i skutecznym funkcjonowaniu właściwej kultury organizacyjnej świadczą m.in.:

- różnorodne artefakty w postaci elementów fizycznych (logo, flagi, barwy), elementów językowych (informacje o historii, założycielach, zdarzeniach, osiągnięciach) oraz behawioralne (rytuały, ceremonie, spotkania i in.)
- powszechnie uznawane normy i wartości przestrzegane w codziennej praktyce (poszanowanie standardów, dyscyplina pracy, pomoc wzajemna, bezusterkowa praca i in.),
- ukształtowane przekonania, akceptowane i przestrzegane przez personel (akceptacja zarządzeń, dbałość o interesy firmy, przestrzeganie niepisanych norm itp.).

Powyższe elementy powinny być stale doskonalone poprzez okresowe odpowiednie audyty, działania korygujące i okresowe przeglądy kierownictwa. Ich celem jest wywieranie pozytywnego wpływu na personel i ukształtowanie wśród personelu systemu tzw. 3E tzn. **efektywności** skutkującej terminową i skuteczną realizacją zadań, **ekonomiczności** charakteryzującej się oszczędnym zużywaniem zasobów w realizowanych zadaniach oraz **etyczności** wskazującej na stopień społecznego przyzwolenia na realizowane działania w świetle obowiązujących norm i przepisów prawa.

Ukonstytuowana kultura organizacyjna może skutecznie aktywować kreatywność, przedsiębiorczość, zaangażowanie personelu w zakresie dbałości o środowisko, bezpieczeństwo, kulturę współpracy i współdziałania, kulturę uczenia się i dzielenia wiedzą itp. Wszystko to przy długotrwałym funkcjonowaniu wywiera pozytywny wpływ na wszelkie wyniki organizacji sprzyjając polepszaniu jej konkurencyjności.

ANALIZA MOMENTÓW I SIŁ CHWYTAJĄCYCH PRZYSSAWEK W MODUŁOWYCH CHWYTAKACH PODCIŚNIENIA

Analysis of moments and gripping forces of suction cups in modular vacuum grippers

Marcin WIŚNIEWSKI, Olaf CISZAK, Katarzyna PETA, Marcin SUSZYŃSKI, Robert CIEŚLAK

Streszczenie: W artykule zaprezentowano budowę modułowych chwytaków podciśnienia, zastosowanie oraz możliwości konfiguracji. Przedstawiono metodę pomiaru momentów i sił chwytających przyssawki z zastosowaniem robota przemysłowego IRB140T oraz czujnika sześćoosiowego firmy OptoForce. Zilustrowano ścieżkę narzędzia zastosowaną w pomiarach przy pomocy programu RobotStudio firmy ABB.

Słowa kluczowe: robot przemysłowy, chwytak podciśnienia, pomiar sił

Abstract: The article presents the construction of modular vacuum grippers, application and configuration possibilities. The method of measurement of moments and suction cup gripping forces using the IRB140T industrial robot and the OptoForce six-axis sensor are presented. Illustrated the tool path used in the measurements using the ABB RobotStudio program.

Key words: industrial robot, vacuum gripper, force measurement

Wprowadzenie

Zmiany demograficzne i dynamicznie rozwijający się rynek produktów konsumenckich wymusza na przedsiębiorstwach stosowanie szeroko pojętej automatyzacji i robotyzacji.

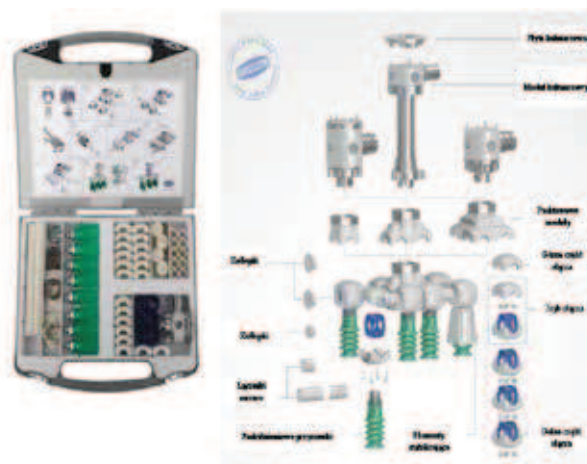
W celu sprostania wymaganiom rynku coraz powszechniej stosowane są roboty przemysłowe. Liczba produkowanych na świecie robotów wg Międzynarodowej Federacji Robotyki (The International Federation of Robotics) ma systematycznie wzrastać o ok. 15-18% aż do roku 2020, w którym to ma osiągnąć 521 tys. sztuk [4]. Największy wzrost notowany jest w krajach wysoko rozwiniętych i w większości przypadków dotyczy dużych firm. W małych firmach pojęcie automatyzacji produkcji przejawia się przez stosowanie urządzeń i oprzyrządowania przyspieszającego proces produkcyjny tj. m.in. stosując proste maszyny pakujące lub manipulatory. Obecnie coraz więcej firm (w tym małe i średnie przedsiębiorstwa) rozważa zakup robotów przemysłowych, które w porównaniu z manipulatorami dają większe możliwości usprawnienia i modyfikacji procesu produkcyjnego.

Z zastosowaniem robotów przemysłowych i manipulatorów powiązana jest konstrukcja zamontowanego efektora, którym to coraz powszechniej są systemy podciśnieniowe. Gwarantują one pewność zamocowania, przenoszenia i podawania obiektów manipulacji. Zastępują one drogie i skomplikowane mechaniczne układy manipulacji. Są tańsze w eksploatacji, a zmiana kształtu obiektu nie generuje wysokich kosztów związanych ze zmianą konstrukcji chwytaka. Zastosowanie nowoczesnych materiałów i kształtów przyssawek, które są najpopularniejszym elementem systemu podciśnienia, umożliwia chwytanie

obiektów o skomplikowanych kształtach, wykonanych z różnych materiałów i o różnej fakturze powierzchni. Bardzo ważną cechą określającą zastosowaną przyssawkę jest siła trzymająca.

Dane wejściowe, stanowisko pomiarowe i przebieg badań

Analiza siły trzymającej i jej zmiana względem parametrów ruchu robota przemysłowego została przeprowadzona dla modułowego systemu podciśnienia firmy Schmalz (rys. 1), który umożliwia prostą i szybką konstrukcję chwytaka. Rozwiązanie to wspierane przez dostępny konfigurator online [2] (rys. 2) umożliwia wygenerowanie listy elementów potrzebnych do budowy chwytaka dla danego obiektu manipulacji, a możliwość zastosowania różnego rodzaju adapterów jego montaż do interfejsu mechanicznego robota przemysłowego.



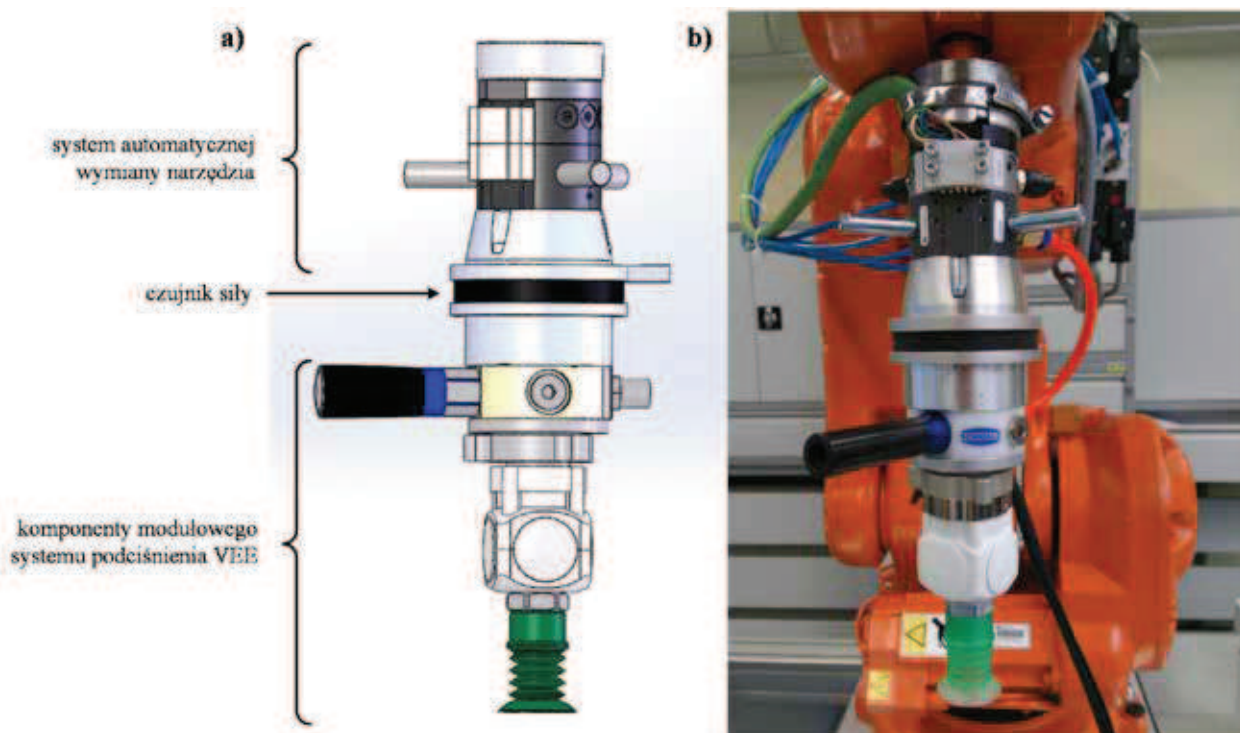
Rys. 1 . Modułowy system podciśnienia firmy Schmalz – VEE Starterset [3]

Fig. 1. Schmalz modular vacuum system - VEE Starterset [3]

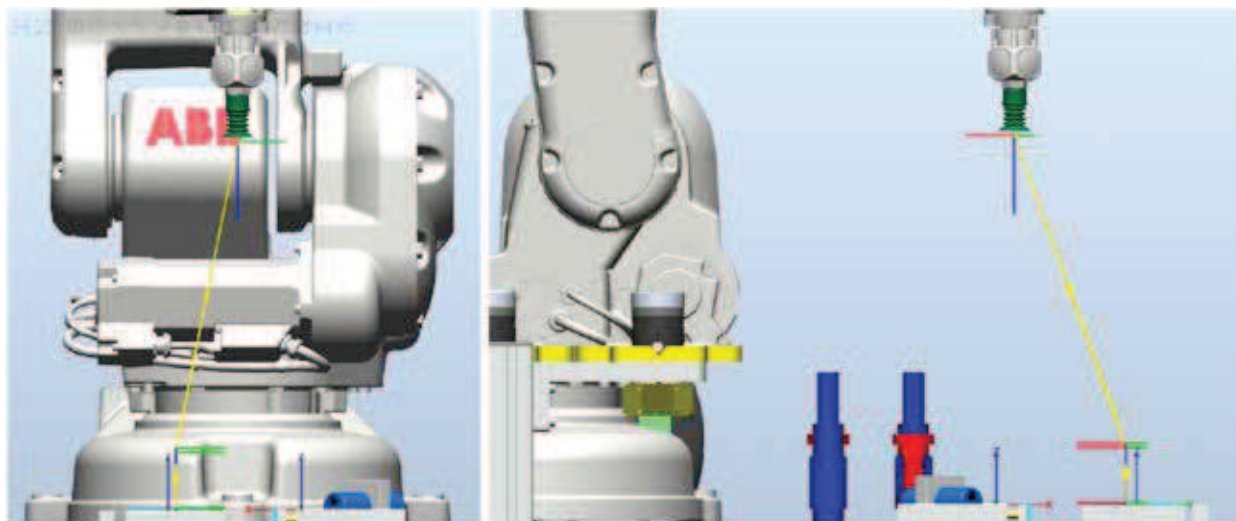


Rys. 2. VEE konfigurator [2]
Fig. 2. VEE konfigurator [2]

Stosując konfigurator VEE utworzono model chwytaka z pojedynczą przyssawką, a następnie jego rzeczywisty model (rys. 3). Na podstawie modelu 3D utworzono narzędzie w programie RobotStudio i zaprogramowano ścieżkę narzędzia (rys. 4).



Rys. 3 . Chwytnak podciśnienia: a) model geometryczny 3D, b) chwytak zamontowany na robocie ABB [6]
Fig. 3. Vacuum gripper: a) 3D geometric model, b) gripper mounted on the ABB robot [6]



Rys. 4. Chwytnik podciśnienia z zaznaczoną ścieżką pomiarową [6]
 Fig. 4. Vacuum gripper with a marked measuring path [6]

Tabela 1. Dane techniczne sześciosiowego czujnika siły HEX-70-CG-1000 [1]
 Table 1. Technical data of the HEX-70-CG-1000 six-axis force sensor [1]

Typ	6-cio osiowy czujnik siły				
Wymiary	Wysokość x średnica		20 x 70 mm		
Waga	Z kablem 1 m (bez)		165 g (130 g)		
	Fz ściśnięcie	Fz rozciągnięcie	Fxy	Txy	Tz
Nominalna siła (N.C) przeciążenie pojedynczej osi	1000N	450 N	150 N	7.5Nm	4.5Nm
Pełna nieliniowość	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %
Rozdzielczość (liczona w N.C)	8000	3600	±11000	±8500	±8500
Deformacja pojedynczej osi w N.C	1,2 mm	0,6 mm	±2 mm	±2°	±5 °
Przesłuch (typowy)	< 5 %				
Histeresa (mierzona na osi Fz, typowa)	< 2 %				
Zakres temperatury roboczej			-40°C --+80 °C		
Wymaganie mocy	W pracy ciągłej		30 mA		

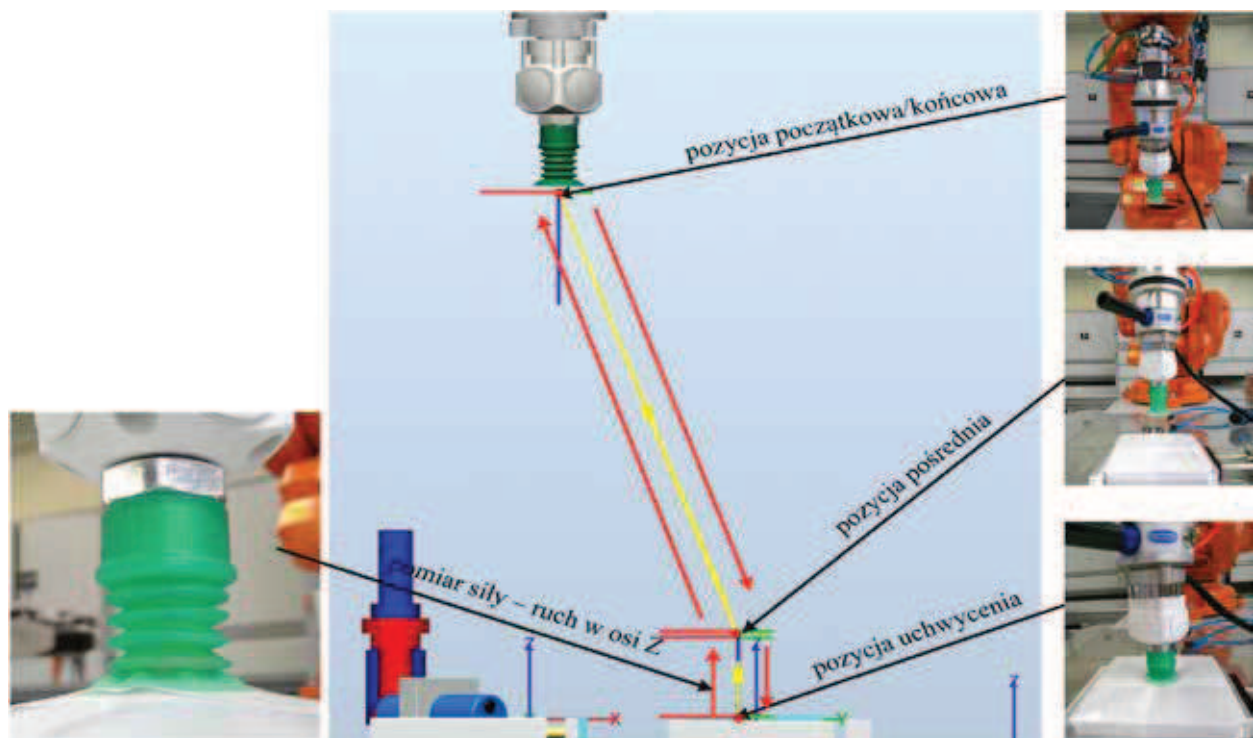
Zastosowano przyssawkę SPB2f [5], przeznaczoną do chwytania opakowań foliowych, która według danych producenta gwarantuje siłę trzymania wynoszącą 4,3 N przy zastosowaniu podciśnienia -200 mbar oraz 8,5 N przy -400 mbar [5]. Przyssawka wyposażona jest

w pierścień uniemożliwiający wciągnięcie opakowania do wnętrza przyssawki. Obiektem badań siły mocowania było opakowanie proszku do prania – folia LDPE. Sposób zamocowania opakowania przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5 . Sposób zamocowania opakowania proszku do prania [6]
 Fig. 5. The way the laundry powder package is attached [6]

Przebieg programu pomiarowego przedstawiono na rys. 6, a pomiar siły dokonano dla różnych prędkości ruchu wzdłuż osi Z – prostopadłej do płaszczyzny opakowania.

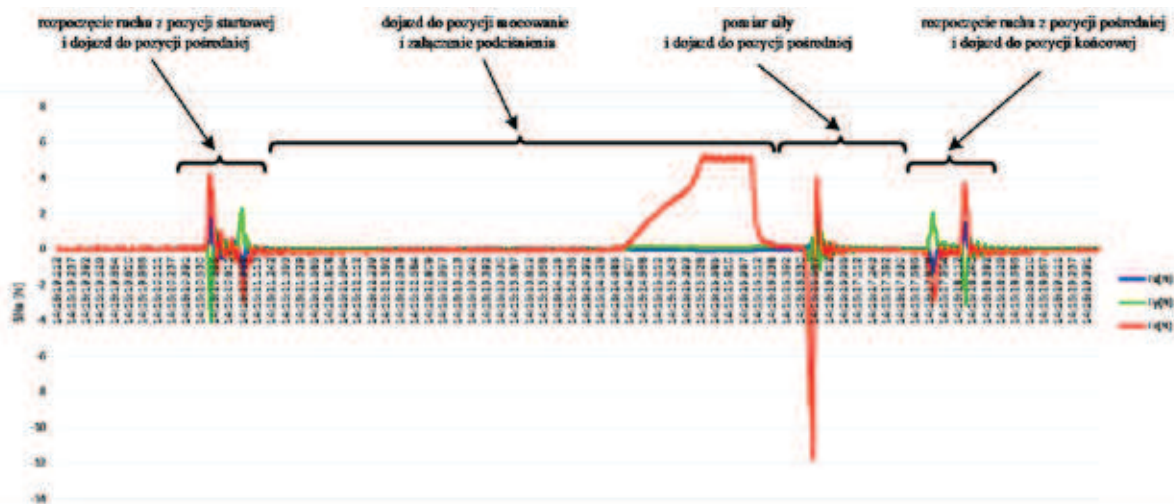


Rys. 6 . Przebieg programu pomiarowego [6]
 Fig. 6. The course of the measurement program [6]

Wyniki pomiarów

Dla przebiegu całego programu pomiarowego rejestrowano zmianę wartości sił dla osi X, Y i Z, którego przykład przedstawiono na rys. 7. Na wykresie tym

widać charakterystyczne piki które związane są m.in. z rozpoczęciem ruchu robota i dojazdem do pozycji uchwycenia. Na kolejnych wykresach obszary te zostały odcięte w celu czytelniejszego zaprezentowania zmiany wartości siły.

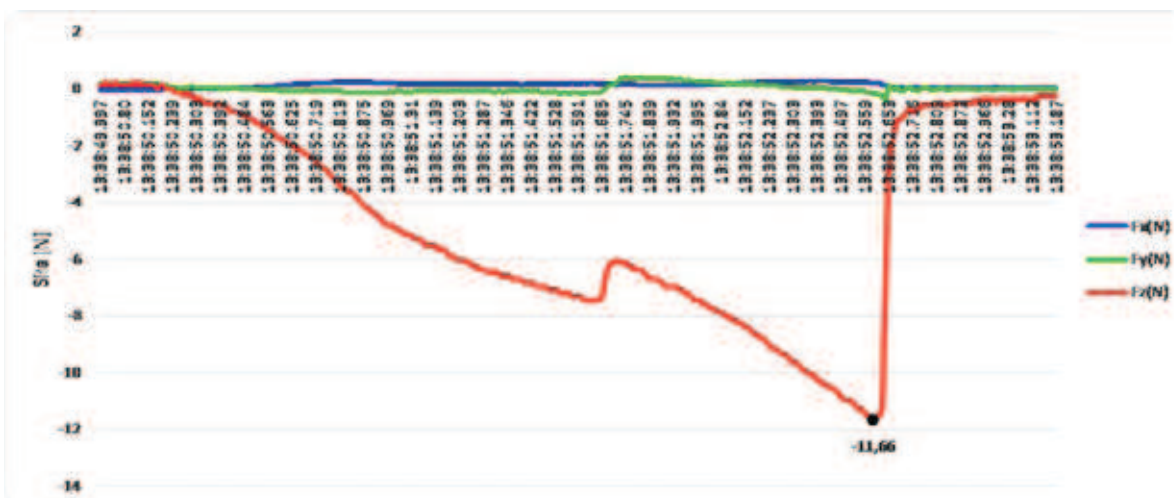


Rys. 7 . Wykres zmiany sił dla całego programu pomiarowego [6]
 Fig. 7. Force change diagram for the entire measurement program [6]

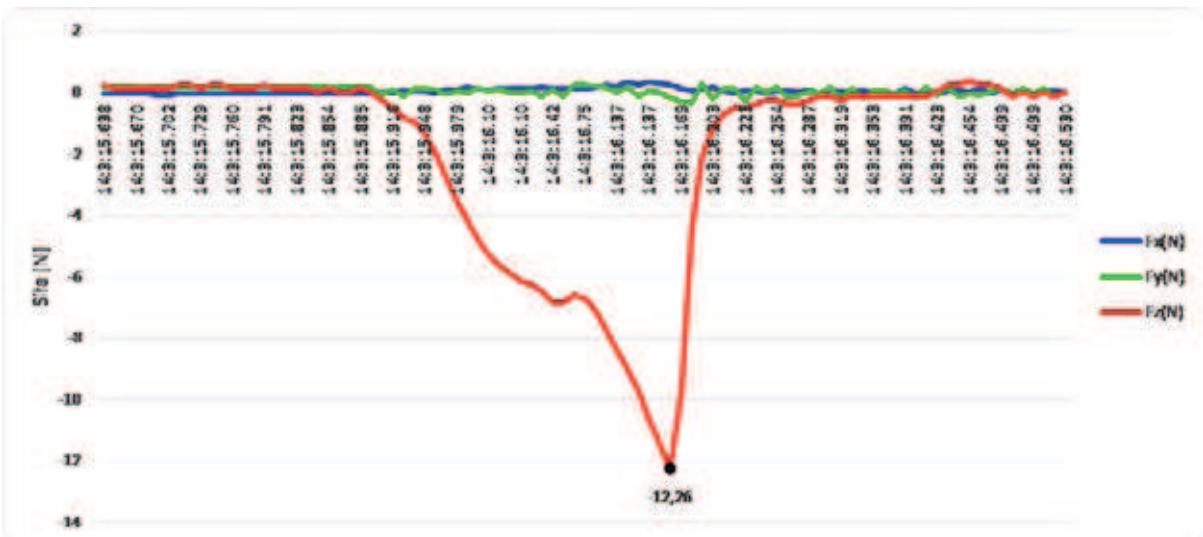
Przykładowe wykresy siły przedstawiono na rys. 8-12, a zestawienie wartości maksymalnych w tab. 2.



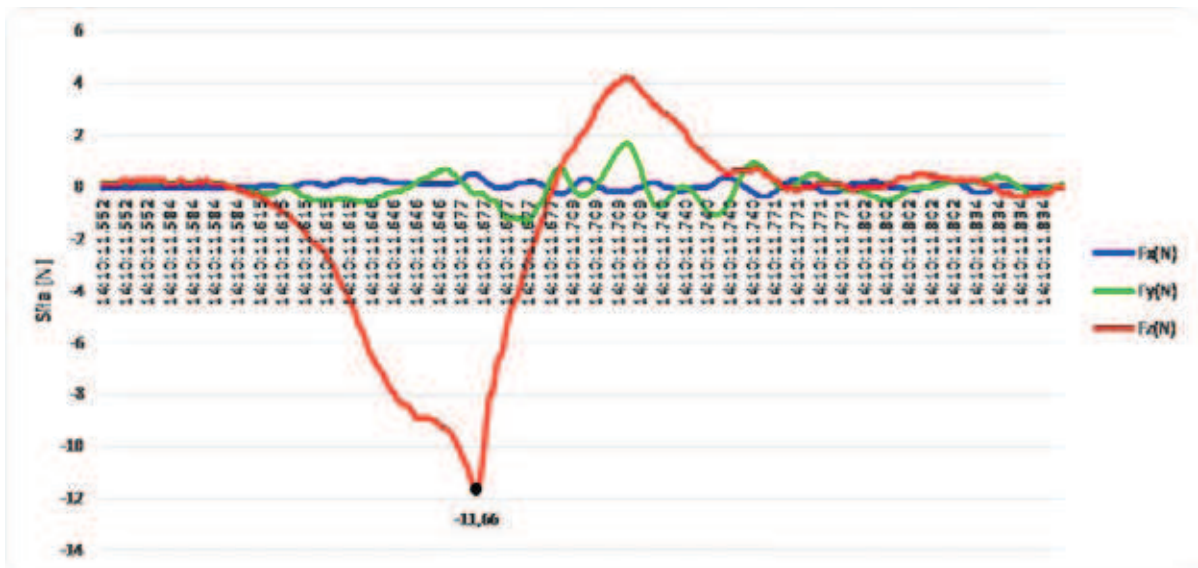
Rys. 8 . Wykres zmiany sił dla prędkości 1 mm/s [6]
 Fig. 8. Graph of change of forces for speed 1 mm/s [6]



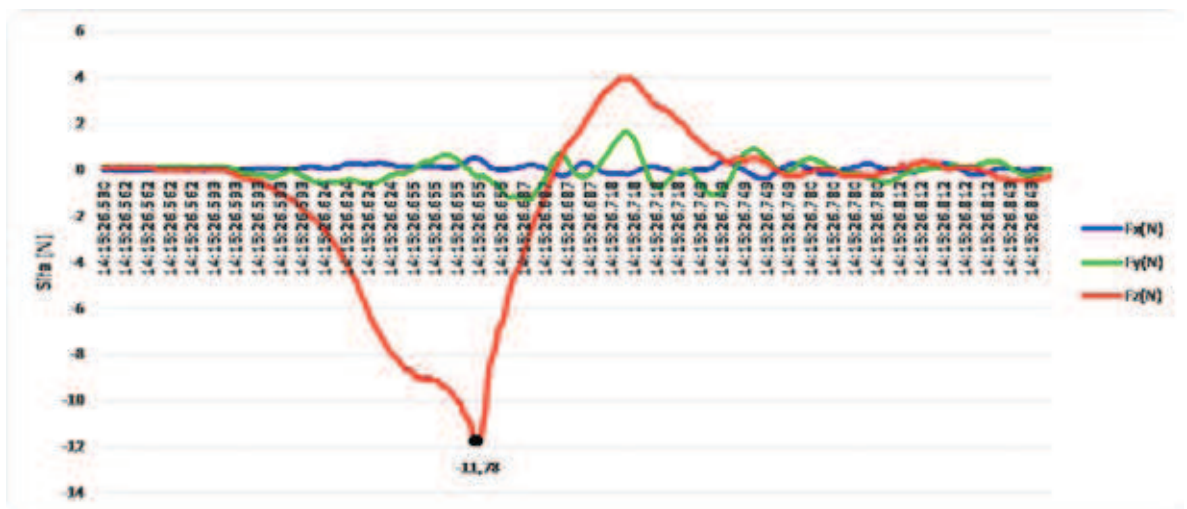
Rys. 9 . Wykres zmiany sił dla prędkości 10 mm/s [6]
 Fig. 9. Graph of change of forces for speed 10 mm/s [6]



Rys. 10. Wykres zmiany sił dla prędkości 100 mm/s [6]
 Fig. 10. Graph of change of forces for speed 100 mm/s [6]



Rys. 11 . Wykres zmiany sił dla prędkości 1000 mm/s [6]
 Fig. 11. Graph of change of forces for speed 1000 mm/s [6]



Rys. 12 . Wykres zmiany sił dla prędkości max [6]
 Fig. 12. Graph of change of forces for speed max [6]

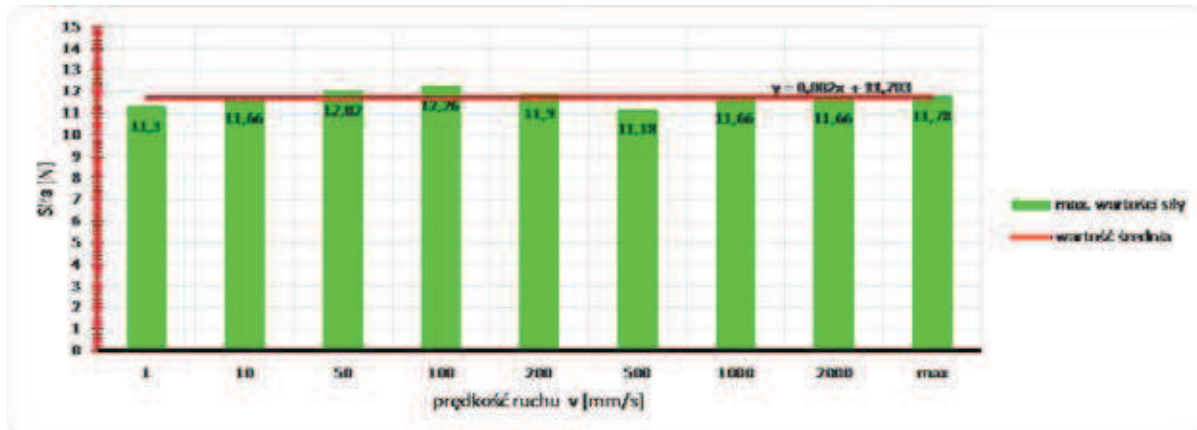
Tabela 2. Zestawienie wyników sił max dla różnych prędkości ruchu [6]
Table 2. List of max force results for different traffic speeds [6]

Prędkość [mm/s]	1	10	50	100	200	500	1000	2000	max
Siła max. [N]	11,3	11,66	12,02	12,26	11,9	11,18	11,66	11,66	11,78

Wnioski

Wartości sił trzymających przyssawki SPB2f [5] wg danych producenta powinny wynosić dla podciśnienia: -200 mbar 4,3 N, -400 mbar 8,5 N, a dla -600 mbar 12,8 N. W badaniach zastosowano enżektor generujący podciśnienie o wartości -870 mbar. Na podstawie obliczeń teoretycznych przy podciśnieniu 870 mbar i danych producenta siła trzymająca dla analizowanej przyssawki

powinna wynosić 18,5 N. Z przeprowadzonych prób i analizy uzyskanych wartości wynika, że wartości podane przez producenta mogą być zawyżone. Producent nie podaje metodyki pomiaru i warunków w jakich została wyznaczona siła trzymająca, ani dla jakiego materiału i jego sposobu zamocowania na stanowisku pomiarowym.



Rys. 13. Zestawienie wyników sił max dla różnych prędkości ruchu [6]
Fig. 13. List of max force results for different traffic speeds [6]

Analizując wpływ prędkości ruchu (w tym zawarte charakterystyki przyspieszania i hamowania poruszającego się punktu TCP) na wartość siły trzymającej zauważyć można jej niewielkie zmiany. Różnica wartości sił dla prędkości 1 mm/s i max wynosi 0,48 N. Średnia wartość dla badanych prędkości ruchu wynosi 11,71 N, a linia trendu ma charakter liniowy ($y=0,002x+11,703$). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zmiana prędkości ruchu robota (wzdłuż osi Z) nie wpływa znacząco na wartość siły trzymającej. Jest to ważna informacja dla osób programujących pracę robotów i manipulatorów na liniach produkcyjnych.

W kolejnych badaniach planowane jest przebadanie rozkładu sił podczas ruchu w dwóch i trzech kierunkach oraz podczas manipulowania obiektem.

LITERATURA

- [1] HEX-70-CG-1000N DATASHEET 1.4.pdf.
- [2] <http://vee.schmalz.com/Default.aspx>, dostęp 5.03.2018.
- [3] <http://www.millsom.com.au/products/vacuum-components/mounting-elements/vee-modular-vacuum-end-effectors>, dostęp 10.03.2018.
- [4] <https://ifr.org/>, dostęp 12.02.2018.
- [5] <https://www.schmalz.com/de/vakuumtechnik-fuer-die-automation/vakuum-komponenten/vakuum-sauggreifer/>

sauggreifer-fuer-die-verpackungsindustrie/
balgsauggreifer-spb2f-2-5-falten, dostęp 12.02.2018.
[6] Wiśniewski M., Opracowanie własne.

dr inż. Marcin Wiśniewski - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: marcin.wisniewski@put.poznan.pl

mgr inż. Katarzyna Peta - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: katarzyna.peta@put.poznan.pl

dr inż. Marcin Suszyński - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: marcin.suszynski@put.poznan.pl

dr hab. inż. Olaf Ciszak - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: olaf.ciszak@put.poznan.pl

dr inż. Robert Cieślak - Katedra Inżynierii i Technologii, ul. Kard. S. Wyszyńskiego 35, 62-510 Konin, e-mail: robert.cieslak@konin.edu.pl

BADANIA PŁYNOWSKAZÓW PRZEZNACZONYCH DO UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH Z ZAAWANSOWANĄ DIAGNOSTYKĄ

Tests of liquid dispensers intended for hydraulic systems with advanced diagnostics

Stanisław KOZIÓŁ, Tomasz SAMBORSKI, Andrzej ZBROWSKI, Zbigniew ZIENOWICZ

Streszczenie: Podstawową funkcją płynowskazu jest wizualizacja poziomu cieczy znajdującej się w zamkniętym zbiorniku. W miarę rozwoju technik automatycznej regulacji, diagnostyki oraz inteligentnych zabezpieczeń, płynowskazy spełniają coraz więcej funkcji dzięki wbudowywanym układom pomiaru lub identyfikacji granicznych wartości wybranych parametrów cieczy znajdującej się w zbiorniku. Koncentracja kilku wariantowo realizowanych funkcji w jednym elemencie o sparametryzowanych, stałych warunkach zabudowy jest korzystna głównie ze względu na możliwość uproszczenia i standaryzacji konstrukcji zbiorników i instalacji hydraulicznych. W pracy opisano przebieg i rezultaty prac badawczo-rozwojowych, których efektem jest opracowanie i wdrażanie kolejnych rozwiązań składających się na typoszereg wielofunkcyjnych płynowskazów przeznaczonych do zaawansowanych układów hydrauliki siłowej. Przedmiotem opisanych prac są płynowskazy z elektryczną sygnalizacją poziomu cieczy oraz przekroczenia dopuszczalnej wartości temperatury. Zadaniem autorów było opracowanie konstrukcji, technologii wykonania oraz przeprowadzenie badań szczelności i działania elektrycznych układów sygnalizacyjnych.

Słowa kluczowe: płynowskaz, bezpieczeństwo układu hydraulicznego, szczelność, badania środowiskowe

Abstract: The basic function of the liquid level indicator is to visualize the liquid level in a closed container. As the techniques of automatic regulation, diagnostics, and intelligent protection have developed liquid level indicators to meet more and more functions, thanks to builtin measurement systems or the identification of limit values of selected parameters of liquid contained in the tank. Concentration of several variant functions in one element with parameterized, fixed building conditions is beneficial mainly due to the possibility of the simplification and standardization of the construction of tanks and hydraulic installations. The work describes the course and results of research and development works, the effect of which is the development and implementation of further solutions that make up the series of multifunction liquid level gauges designed for advanced power hydraulic systems. The task of the authors was to develop the construction, manufacturing technology, and the operation of electrical signalling systems and to conduct leak tests.

Keywords: liquid level indicator, hydraulic system safety, tightness, environmental tests

Wprowadzenie

Podstawową funkcją płynowskazu jest wizualizacja poziomu cieczy znajdującej się w zamkniętym zbiorniku. Informacja taka jest niezbędna m.in. do oceny poprawności przebiegu niektórych procesów przemysłowych lub zapewnienia bezpieczeństwa układów pracujących z cieczami, np. zasilaczy hydraulicznych [3, 6]. W podstawowym wykonaniu płynowskazy mają postać przezroczystej pionowej rurki połączonej na końcach ze zbiornikiem, w której poziom cieczy jest identyczny jak w kontrolowanym naczyniu. W miarę rozwoju technik automatycznej regulacji, diagnostyki oraz zabezpieczeń tworzących inteligentne systemy bezpieczeństwa maszyn [4], płynowskazy spełniają coraz więcej funkcji dzięki wbudowywanym układom pomiaru lub identyfikacji granicznych wartości wybranych parametrów. Koncentracja kilku wariantowo realizowanych funkcji w jednym elemencie o zunifikowanych, stałych warunkach zabudowy jest korzystna głównie ze względu na możliwość uproszczenia i standaryzacji konstrukcji zbiorników i instalacji. Innym kierunkiem rozwoju płynowskazów jest identyfikacja poziomu cieczy niebezpiecznych (toksycznych, żrących, łatwopalnych), znajdujących się pod ciśnieniem lub o wysokiej temperaturze, gdzie obserwowane medium musi być zamknięte w szczelnym, odpornym na

uszkodzenie zbiorniku, z układem wizualizacji poziomu cieczy. Elementy automatyki pomiarowej zintegrowane w konstrukcji płynowskazu umożliwią aplikację układów hydraulicznych w urządzeniach autonomicznych i bezzałogowych [7], w których systemy sterowania funkcjonują z wykorzystaniem autodiagnostyki.

Zakład Konstrukcji Prototypów Instytutu Technologii – PIB w Radomiu, korzystając z doświadczenia zdobytego w trakcie prac badawczo-rozwojowych w dziedzinie hydrauliki [5], we współpracy z firmą HYDROMEGA z Gdyni – jednym z krajowych producentów układów hydrauliki siłowej – realizuje zadania, których efektem jest rozwój i wdrażanie kolejnych rozwiązań składających się na typoszereg wielofunkcyjnych płynowskazów przeznaczonych głównie do zaawansowanych układów hydrauliki siłowej. Przedmiotem opisanych prac są płynowskazy z elektryczną detekcją osiągnięcia skrajnych poziomów cieczy oraz przekroczenia dopuszczalnych wartości temperatury. Sygnalizacja poziomu cieczy odbywa się za pomocą pływaka z wbudowanym magnesem trwałym powodującym zwarcie styków kontaktronu zamocowanego na stałe w obudowie płynowskazu. Przekroczenie temperatury jest sygnalizowane przez zmianę stanu styków elektrycznych wyłącznika termicznego, umieszczonego w korpusie specjalnego łącznika śrubowego przeznaczonego do montażu płynowskazu na zbiorniku.

Zadaniem zespołu ITeE-PIB było opracowanie konstrukcji, technologii wykonania oraz przeprowadzenie badań szczelności i działania prototypowych układów sygnalizujących przekroczenie określonej wartości temperatury i poziomu cieczy [8].

Układ sygnalizacji poziomu cieczy

Jakość poziomowskazu pływakowego zależy od konstrukcji i materiału komory pływakowej oraz od projektu pływaka i dopasowania jego cech do wszystkich parametrów późniejszej pracy ciężaru właściwego czynnika, jego ciśnienia i temperatury.

W opracowanym układzie sygnalizacji poziomu cieczy zastosowano pływak z magnesem trwałym oraz kontaktron zamocowany na stałe na obudowie płynowskazu (rys. 1).



Rys. 1. Płynowskaz z sygnalizacją poziomu cieczy: 1 – pływak z magnesem, 2 – kontaktron, 3 – złącze elektryczne
Fig. 1. Liquid level indicator with liquid level signalling: 1 – float with magnet, 2 – reed switch, 3 – electrical connector

Położenie pływaka w przezroczystej rurce płynowskazu, zależne bezpośrednio od poziomu lustra cieczy w nadzorowanym zbiorniku, pozwala na wzrokową obserwację jego napełnienia. Magnes trwały umieszczony w pływaku, kiedy znajdzie się w pobliżu kontaktronu, powoduje jego przełączenie. Pozwala to na wytworzenie sygnału elektrycznego sygnalizującego osiągnięcie krytycznego poziomu cieczy w zbiorniku, np. dopuszczalnego minimalnego ze względu na bezpieczeństwo układu hydraulicznego [1, 2]. Zainstalowanie w płynowskazu kilku kontaktronów na różnych poziomach pozwala na elektryczną sygnalizację wybranych poziomów cieczy istotnych dla diagnostyki układu hydraulicznego.

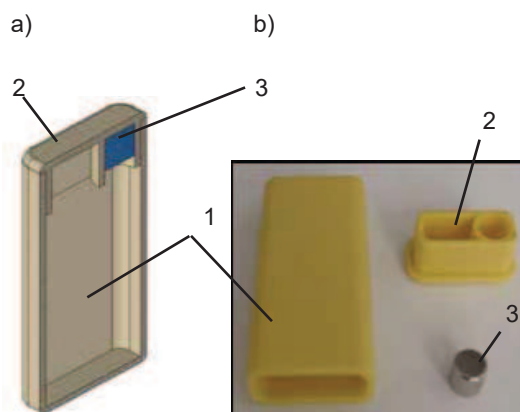
Celem prac autorów była modyfikacja dotychczas stosowanego pływaka, którego wadą była utrata szczelności i – w konsekwencji – zatopienie po pewnym czasie eksploatacji. Pierwotnie prostopadłościenny pływak składał się z dwóch wyprasek z tworzywa sztucznego klejonych w płaszczyźnie symetrii równoległej do jego największej ściany (rys. 2). W przypadku wzrostu

temperatury oleju, powodującego nadciśnienie powietrza znajdującego się we wnętrzu pływaka, następowało rozszczelnienie połączenia. Połączenie klejone narażone na rozciąganie cechowało się znaczną długością i małym polem powierzchni, a więc niewielką wytrzymałością



Rys. 2. Konstrukcja pływaka z podziałem komory w płaszczyźnie symetrii
Fig. 2. Float construction with the division of the chamber in the plane of symmetry

Autorzy publikacji opracowali nową konstrukcję pływaka (rys. 3), w której połączenie klejowe komponentów (korpus, pokrywa) cechuje się dużą powierzchnią. Ponadto, w przypadku wzrostu temperatury powodującego występowanie nadciśnienia w pływaku, połączenie pracuje na ścinanie, a nie na rozciąganie jak w rozwiązaniu pierwotnym, co dodatkowo zapewnia uzyskanie większej wytrzymałości spoiny.



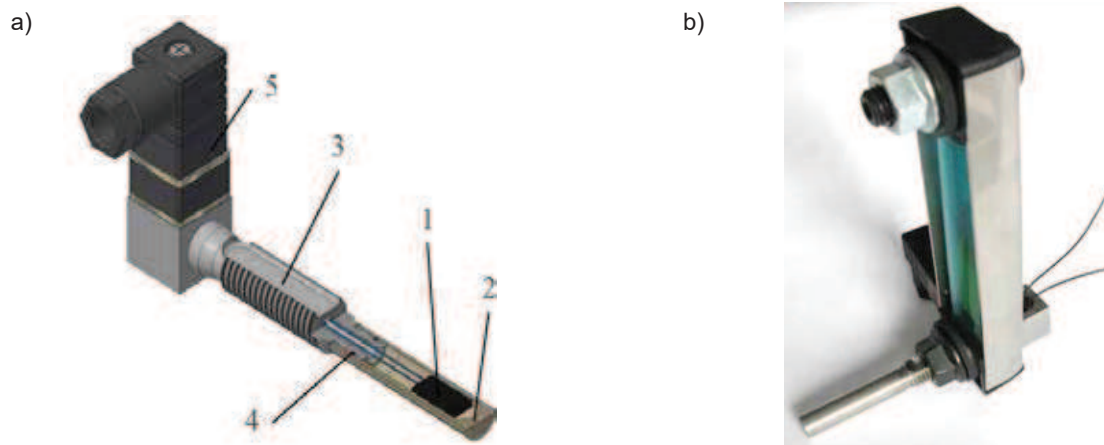
Rys. 3. Konstrukcja pływaka ze zwiększoną powierzchnią połączenia klejowego komory pływakowej: 1 – korpus, 2 – pokrywa, 3 – magnes, a) przekrój poprzeczny modelu wirtualnego, b) prototyp
Fig. 3. The construction of the float with the increased surface of the glue float chamber connection: 1 – body, 2 – cover, 3 magnet – a) cross-section of the virtual model, b) prototype

Opracowaną konstrukcję oraz technologię wykonania pływaka metodą wtryskową z poliamidu poddano weryfikacji w trakcie opracowanych testów sprawdzających opisanych w dalszej części artykułu.

Zabezpieczenie termiczne wbudowane w płynowskazię

W opracowanej konstrukcji zabezpieczenie termiczne cieczy w układzie hydraulicznym realizowane jest za pomocą wyłącznika termicznego lub czujnika temperatury.

Elementy pomiaru temperatury umieszczone są w specjalnie zbudowanym łączniku przeznaczonym do montażu płynowskazię na zbiorniku cieczy (rys. 4).



Rys. 4. Wyłącznik termiczny do płynowskazię typu PGA: a) model wirtualny: 1 – element termoczuły AM01, 2 – osłona stalowa, 3 – śruba, 4 – uszczelnienie, 5 – złącze elektryczne, b) fotografia prototypu płynowskazię z zamontowanym wyłącznikiem termicznym (bez złącza elektrycznego)

Fig. 4. Thermal switch for PGA type liquid level gauges: a) virtual model: 1 – AM01 thermosensitive element, 2 – steel shield, 3 – screw, 4 – seal, 5 – electrical connector, b) prototype photograph of liquid level indicator with mounted thermal switch (without electrical connector)

Wyłącznik termiczny o odpowiednio dobranej temperaturze zadziałania lub czujnik temperatury 1 (rys. 4a) jest umieszczony w stalowej osłonie 2, która jest połączona szczelnie ze śrubą 3 służącą do przykręcenia płynowskazię do ściany zbiornika. Przez osiowy otwór śruby poprowadzono przewody wyłącznika do złącza elektrycznego 5. Płaskie ścięcia na gwintowanej części śruby służą do doprowadzenia cieczy do rurki płynowskazię. Zastosowanie takiego rozwiązania do połączenia dolnego końca płynowskazię ze zbiornikiem powoduje, że element termoczuły wraz z otaczającą go osłoną pozostaje zanurzony w cieczy i reaguje na zmianę jej temperatury. Układ spełnia funkcję zabezpieczenia termicznego sygnalizującego np. nadmierny wzrost temperatury cieczy przez wytwarzanie sygnału elektrycznego. Zastosowanie

czujnika temperatury (np. Pt100) pozwala natomiast na ciągle monitoring temperatury cieczy w zbiorniku.

Stosowanie wyłączników termicznych i czujników temperatury w zbiornikach cieczy jest rozwiązaniem znanym. Innowacją opracowanego rozwiązania jest instalacja takiego elementu w płynowskazię w sposób zintegrowany, bez konieczności wykonywania dodatkowych otworów, gniazd czy przyłączy hydraulicznych.

Badania szczelności zmodernizowanych płynowskazię

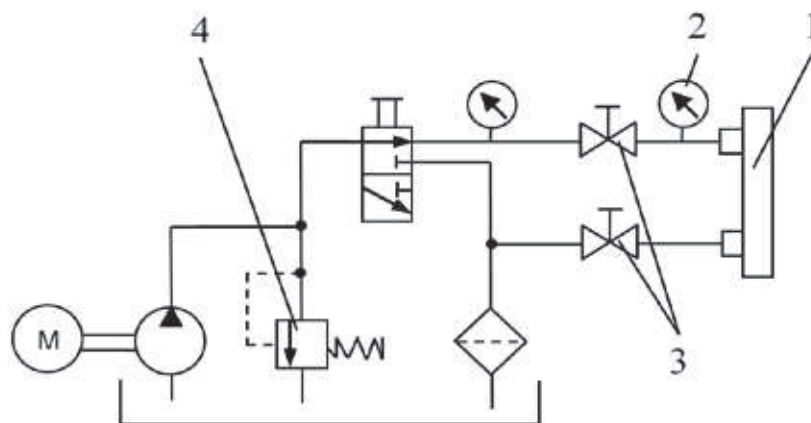
Do badań szczelności zmodernizowanych płynowskazię zastosowano metodykę i układ hydrauliczny wykorzystywany do tego celu przez producenta. Parametry prób szczelności przedstawiono w tab. I

Tabela I: Parametry prób szczelności płynowskazię
Table I.: Tightness test parameters of the liquid level indicator

Rodzaj próby	Temperatura [K]	Ciśnienie [MPa]	Czas próby [min]
Próba w niskiej temperaturze	248	0,3	120
Próba w podwyższonej temperaturze	363	0,3	120

Z uwagi na konieczność weryfikacji opracowanych rozwiązań prototypowych w ekstremalnie niekorzystnych warunkach pracy, parametry prób zostały rozszerzone przez zwiększenie ciśnienia do 0,5 MPa, wydłużenie czasu do 72 godzin oraz wprowadzenie próby

cyklicznej zmiany temperatury w zakresie od 248 K do 363 K. Próby szczelności zostały przeprowadzone z wykorzystaniem kontrolnego układu hydraulicznego, którego schemat przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat hydraulicznego układu kontrolnego do sprawdzania szczelności płynowskazów: 1 – badany płynowskaz, 2 – manometr kontrolny, 3 – zawory odcinające, 4 – zawór regulacji ciśnienia w układzie
 Fig. 5. Diagram of a hydraulic control system for checking the tightness of liquid level gauges: 1 – tested liquid level gauge, 2 – control manometer, 3 – isolating valves, 4 – pressure control valve in the system

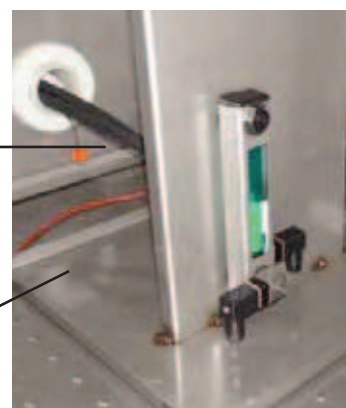
Badany płynowskaz 1 jest przyłączany do układu hydraulicznego dwoma przewodami z zaworami odcinającymi 3. Przy otwartych zaworach 3 i włączonej pompie hydraulicznej następuje napełnienie płynowskazu olejem i jego odpowietrzenie. Po zamknięciu dolnego zaworu 3 ciśnienie w układzie jest zwiększane do wartości przewidzianej w teście, przez zmianę nastawy zaworu 4. Po osiągnięciu zadanej wartości ciśnienia zamykany jest górny zawór 3.

W takim stanie układ funkcjonuje przez przewidziany czas próby. Ciśnienie w płynowskazu jest sprawdzane za pomocą manometru 2. Miarą nieszczelności jest spadek ciśnienia w układzie. W przypadku badania w niskiej lub podwyższonej temperaturze płynowskaz umieszczany jest w komorze klimatyzacyjnej. Na rys. 6 przedstawiono fotografie układu hydraulicznego oraz płynowskazu umieszczonego w komorze klimatyzacyjnej podczas badań. Badania szczelności

a)



b)



Rys. 6. Widok stanowiska badawczego: a) hydrauliczny układu kontrolnego do sprawdzania szczelności płynowskazów na zewnątrz komory klimatyzacyjnej, b) płynowskaz zainstalowany we wnętrzu komory klimatyzacyjnej podczas badań
 Fig. 6. View of the test stand: a) hydraulic control system for checking the tightness of liquid level gauges outside the air-conditioning chamber, b) liquid level indicator installed inside the air-conditioning chamber during testing

płynowskazów były realizowane w celu opracowania technologii klejenia zmodernizowanego pływak oraz sprawdzenia skuteczności uszczelnienia osłony wyłącznika termicznego.

Jak wspomniano na wstępie, powodem wprowadzenia zmian konstrukcyjnych pływak były problemy z zachowaniem szczelności poprzedniego rozwiązania. Z tego powodu poświęcono bardzo wiele uwagi opracowaniu technologii klejenia zmienionej konstrukcji (rys. 3). Testy szczelności przeprowadzono dla trzech różnych klejów:

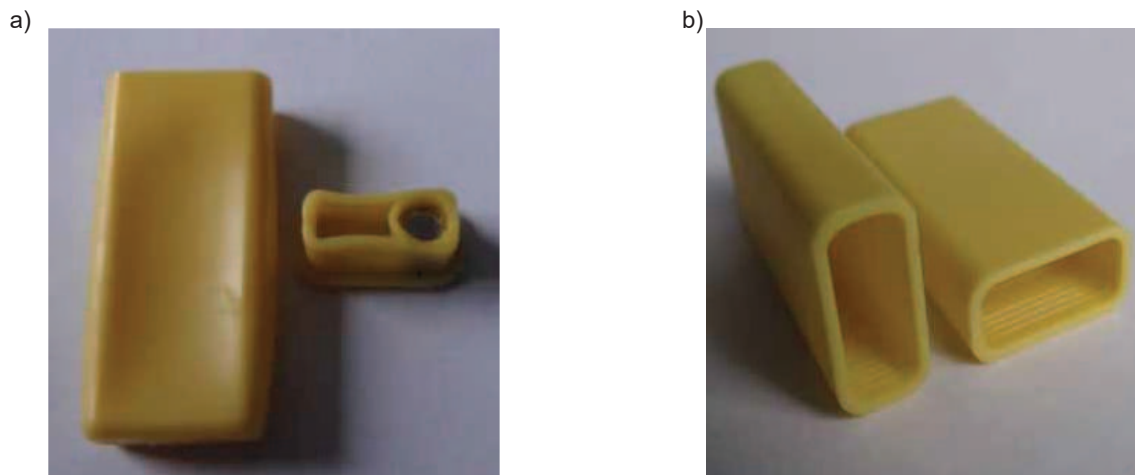
- klej cyjanoakrylowy RIKU,
- przemysłowy klej epoksydowy Loctite Hysol 9455,
- klej cyjanoakrylowy AL-FIX.

Ze względu na cenę pierwsze próby łączenia wykonano za pomocą kleju RIKU. Próby szczelności przeprowadzone w podwyższonej temperaturze, przy ciśnieniu zwiększonym do 0,5 MPa, oraz próby wielokrotnej cyklicznej zmiany temperatury wykazały niewystarczającą wytrzymałość połączenia klejowego. Zanotowano następujące wyniki badań dyskwalifikujące przyjętą technologię klejenia: pływak

ulegał rozszczelnieniu pod wpływem cyklicznej zmiany temperatury,

- na powierzchni uszkodzonego połączenia klejowego stwierdzono, że podczas montażu wieczka pływaka następuje mechaniczne zgarnianie kleju, a zatem znaczne zmniejszenie pola powierzchni połączenia,
- zidentyfikowano mechanizm niszczenia i zatapiania pływaka powodowany deformacją wywołowaną różnicami ciśnienia wewnętrznego komory

podczas nagrzewania i chłodzenia oleju (rys. 7a). Nagrzewanie powodowało wzrost ciśnienia i usuwanie nadmiaru powietrza nieszczelnym połączeniem klejowym. W wyniku usunięcia części powietrza z komory w stanie „gorącym”, spadek temperatury wywoływał powstanie podciśnienia. Występujący układ sił deformował pływak, co zmniejszało objętość, wyporność i skutkowało zatopieniem obiektu w rurce poziomowskazu.



Rys. 7. Widok elementów konstrukcyjnych pływaka: a) deformacje pod wpływem podwyższonego ciśnienia powstałego w temperaturze 363 K, b) korpus pływaka z korbami zapobiegającymi zgarnianiu kleju

Fig. 7. View of the float's structural elements: a) deformations under the influence of the elevated pressure created at 363 K, b) body of the float with notches to remove the glue

Zmodyfikowano konstrukcję korpusu pływaka przez wprowadzenie na powierzchni połączenia klejowego poprzecznych korbów zapobiegających zgarnianiu kleju (rys. 7b). Dobrano dwa przemysłowe kleje przeznaczone do łączenia poliamidów (Loctite Hysol 9455 i AL-FIX) oraz przeprowadzono próby szczelności płynowskazów z pływakami zmontowanymi z ich zastosowaniem. Całkowitą szczelnością w długotrwałych badaniach wykazały się pływaki łączone klejem cyjanoakrylowym AL-FIX. Takie rozwiązanie przyjęto też w serii próbnej, a następnie wdrożono do produkcji.

W tych samych warunkach przeprowadzono kontrolę szczelności obudowy wyłącznika termicznego (rys. 4). W badaniach zwrócono uwagę nie tylko na stabilność ciśnienia oleju podczas próby, ale obserwowano również wyjście kanału przewodów elektrycznych, w którym w przypadku nieszczelności pojawiłyby się wycieki. Uszczelnienie za pomocą pierścienia typu o-ring, zbudowane zgodnie z zaleceniami producenta uszczelki, okazało się skuteczne i niezawodne.

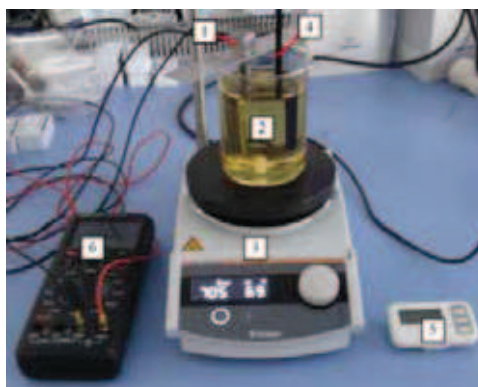
Badania histerezy wyłączników termicznych

Do budowy zabezpieczeń termicznych montowanych w płynowskazach zastosowano wyłączniki termiczne

AM01 (rys. 4a, poz. 1) o następujących parametrach technicznych deklarowanych przez producenta:

- napięcie znamionowe 250 V AC,
- zakres znamionowych temperatur działania 338 ÷ 423K,
- tolerancja temperatury działania ±5 K,
- strefa histerezy 30±15 K,
- szybkość zmian temperatury przy wyznaczaniu temp. działania 0,5 ÷ 1 K/min.
- szybkość zmian temperatury przy wyznaczaniu temp. działania 0,5 ÷ 1 K/min.

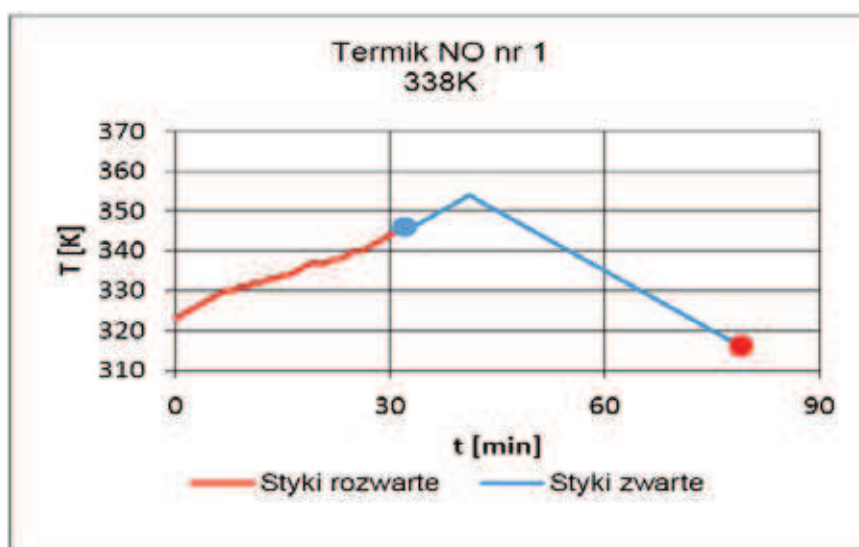
Ze względu na zabudowę wyłącznika termicznego w szczelnej obudowie oraz występujące bariery ograniczające przepływ ciepła pomiędzy cieczą, w której zanurzony jest wyłącznik termiczny, a elementem termoczułym (osłona stalowa, powietrze), mogą występować różnice między znamionowymi a rzeczywistymi temperaturami zadziałania. Badania temperatury zmiany stanu wyłącznika i jego histerezy termicznej przeprowadzono na stanowisku przedstawionym na rys. 8. Badania przeprowadzono dla wyłączników o znamionowej temperaturze działania równej 338 K i 343 K.



Rys. 8. Stanowisko do badania histerezy wyłącznika termicznego: 1 – badany wyłącznik termiczny, 2 – naczynie wypełnione olejem, 3 – mieszadło magnetyczne z funkcją grzania i chłodzenia, 4 – sonda miernika temperatury, 5 – czasomierz, 6 – omomierz
 Fig. 8. Stand for testing the thermal switch hysteresis: 1 – tested thermal switch, 2 – oil filled vessel, 3 – magnetic stirrer with heating and cooling function, 4 – temperature meter probe, 5 – timer, 6 – ohmmeter

Badany wyłącznik termiczny był zanurzany w oleju (rys. 8) w temperaturze otoczenia. Następnie olej podgrzewano z szybkością zmian temperatury równą ok. 1 K/min. W temperaturze 323 K rozpoczęto rejestrację zmian temperatury w funkcji czasu. Podgrzewanie kontynuowano do uzyskania zmiany stanu styków wyłącznika rejestrowanej przez omomierz. Następnie

zmieniano funkcję mieszadła z grzania na chłodzenie i ochładzano również z szybkością około 1 K/min do uzyskania ponownej zmiany stanu styków wyłącznika. Przebiegi zmienności temperatury oleju w czasie oraz wartości temperatury, przy których nastąpiły zmiany stanu wyłączników, przedstawiono na wykresach (rys. 9).

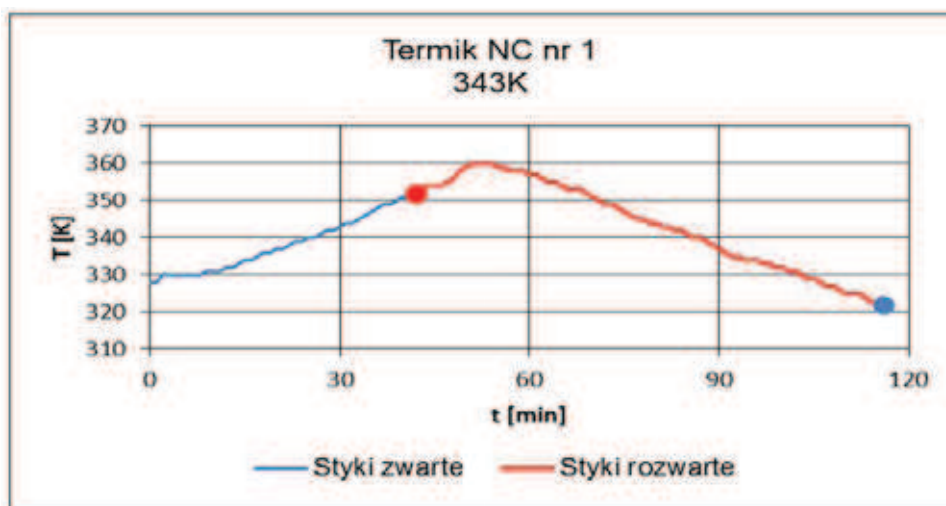


Rys. 9. Przykładowy przebieg zmienności temperatury oleju w czasie z zaznaczonymi wartościami, przy których nastąpiły zmiany stanu badanego wyłącznika termicznego o nominalnej temperaturze działania 338 K

Fig. 9. An example of the course of oil temperature variability over time with the values indicated at which the state of the thermal switch under testing has changed with a nominal operating temperature of 338 K

Tabela II. Wyniki badań wyłącznika termicznego o temperaturze działania równej 338 K
 Table II.: Test results of the thermal switch with an operating temperature 338 K

Nr wyłącznika	Nominalna temperatura działania [K]	Nominalny zakres temperatury działania [K]	Temperatura przełączenia O → Z (podgrzewanie) [K]	Temperatura przełączenia Z → O (chłodzenie) [K]	Histereza deklarowana przez producenta elementu termoczułego [K]	Histereza zmierzona kompletnego wyłącznika [K]
1	338	333 ÷ 343	72	43	30±15	29
2			74	48		26
3				50		



Rys. 10. Przykładowy przebieg zmienności temperatury oleju w czasie z zaznaczonymi wartościami, przy których nastąpiły zmiany stanu badanego wyłącznika termicznego o nominalnej temperaturze działania 343 K
 Fig. 10. An example of the course of oil temperature variability over time with the values indicated at which the state of the thermal switch under testing has changed with a nominal operating temperature of 343 K

Tabela III. Wyniki badań wyłącznika termicznego o temperaturze działania równej 343 K
 Table III.: Test results of the thermal switch with an operating temperature 343 K

Nr wyłącznika	Nominalna temperatura działania [K]	Nominalny zakres temperatury działania [K]	Temperatura przełączenia O → Z (podgrzewanie) [K]	Temperatura przełączenia Z → O (chłodzenie) [K]	Histeresa deklarowana przez producenta elementu termoczułego [K]	Histeresa zmierzona kompletnego wyłącznika [K]
1	338	333 ÷ 343	345	316	30±15	29
2			347	321		26
3			345	323		22

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- podczas ogrzewania wyłącznika termicznego z szybkością zmian około 1 K/min jego zadziałanie (zmiana stanu styków) następuje w temperaturze oleju do 4 K wyższej od wartości deklarowanej przez producenta elementu termoczułego. Jest to spowodowane następującymi czynnikami:
 - znaczną szybkością zmian temperatury (wyższą niż w układach zasilaczy hydraulicznych),
 - przekazywaniem ciepła między osłoną wyłącznika AM01 a jego korpusem przez powietrze, które stanowi barierę izolacyjną,
 - sposobem ogrzewania wyłącznika odmiennym
 - od zabudowy w zbiorniku cieczy hydraulicznej,
 - gdzie ogrzewaniu podlega cały stalowy korpus,
 - a nie jego zanurzona część.
- w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych stwierdzona różnica deklarowanej i rzeczywistej temperatury działania wyłącznika powinna być mniejsza.
- zmierzona histeresa temperaturowa działania wyłącznika mieści się w przedziale histerezy deklarowanej przez producenta elementu termoczułego.

Podsumowanie

W ramach opisanego zadania zostały opracowane rozwiązania, których zastosowanie pozwala na wykorzystanie płynowskazu do rozszerzonej automatycznej diagnostyki układu hydraulicznego. Bez zmiany konstrukcji podstawowych, typowych elementów płynowskazu i zunifikowanego sposobu montażu na zbiorniku cieczy hydraulicznej, w nowym rozwiązaniu wprowadzono magnetyczny układ kontroli i elektrycznej sygnalizacji wybranych poziomów oraz elektryczny układ sygnalizacji przekroczenia dopuszczalnej temperatury cieczy.

Układ sygnalizacji poziomu cieczy składający się z magnetycznego pływaka i kontaktronów pozwala na identyfikację kilku wybranych poziomów cieczy odpowiadających rozmieszczeniu kontaktronów.

Opracowano zmodernizowaną konstrukcję pływaka, technologię jego wykonania i na podstawie przeprowadzonych badań szczelności dobrano klej do łączenia jego części składowych. W wyniku badań prototypu zidentyfikowano mechanizm uszkodzenia i zatapiania pływaka spowodowany zmianami ciśnienia wewnętrznego na skutek różnicy temperatur cieczy hydraulicznej.

Opracowano konstrukcję, przeprowadzono badania szczelności i histerezy temperaturowej wyłącznika termicznego, sygnalizującego przekroczenie wybranej wartości temperatury cieczy w zbiorniku. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowane rozwiązanie cechuje się histerezą i niezgodnością rzeczywistej temperatury zadziałania z deklarowaną przez producenta elementu termoczułego dopuszczalną dla układów hydrauliki siłowej. W przypadku potrzeby zapewnienia mniejszej histerezy termicznej działania wyłącznika niezbędne jest zastosowanie do jego budowy innego elementu termoczułego, o mniejszej histerezie własnej.

LITERATURA

- [1] Bezpieczeństwo maszyn – Wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów hydraulicznych i pneumatycznych i ich elementów – Hydraulika PN-EN 988. Polski Komitet Normalizacyjny, 1998 - 23.
- [2] Gałąź R. 2010. „Problemy bezpieczeństwa układów hydraulicznych”. Napędy i Sterowanie, 4: 94 – 98.
- [3] Garbacik A. 1997. Studium projektowania układów hydraulicznych Wrocław – Warszawa – Kraków: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
- [4] Kusiak M., Kowalewski S. 2008. „Bezpieczeństwo układów sterowania maszyn”. Służby Utrzymania Ruchu (13) 5: 6 – 9.
- [5] Matecki K., Samborski T., Kozioł S. 2008. „Zastosowanie techniki proporcjonalnej

w hydraulicznych układach obciążających aparatury badawczej”. Problemy Eksploatacji 4: 113 – 122.

- [6] Osiecki A. 1998. Hydrostatyczny napęd maszyn. Warszawa: WNT.
- [7] Zbrowski A., Jóźwik W. 2013. „Badania dynamiczne bezałogowego pojazdu ratowniczego”. TTS Technika Transportu Szynowego 10:s. 907 – 912.
- [8] Zbrowski A. 2016. Metodyka badań prototypów i jednostkowych urządzeń technicznych. PIB, Radom: Wydawnictwo Naukowe ITeE.

Praca naukowa sfinansowana w ramach umowy z firmą Hydromega

dr inż. Stanisław Kozioł -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: stanislaw.kozioł@itee.radom.pl

dr inż. Tomasz Samborski -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: tomasz.samborski@itee.radom.pl

dr hab. inż. Andrzej Zbrowski, prof. nadzw. -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB,
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: andrzej.zbrowski@itee.radom.pl

Zbigniew Zienowicz -
Hydromega sp. z o.o.,
ul. Czechosłowacka 3
81-969 Gdynia

przemysł chemiczny

*Najstarsze, liczące ponad 100 lat,
polskie czasopismo chemiczne
notowane na liście filadelfijskiej,
adresowane do menadżerów,
inżynierów i technologów w przemyśle*



- 12 wydań w roku
- Baza ponad 6700 publikacji naukowych
- 3500 bezpłatnych publikacji z lat 1986-2010 i wybranych z lat 2010-2018 dostępnych na www.sigma-not.pl

Kontakt: www.przemchem.pl
tel./fax: 22 818 51 71
tel. 22 818 72 86
Redakcja: przemyslchemiczny@sigma-not.pl
Prenumerata: prenumerata@sigma-not.pl
Reklama: reklama@sigma-not.pl

AUTOMATYZACJA CZYNNOŚCI ORIENTOWANIA PRZESTRZENNEGO I WZAJEMEGO W OPERACJACH MONTAŻOWYCH NA PRZYKŁADZIE ŚRUB M8

Automation of spatial and mutual orientation in assembly operations on the example of M8 screw

Filip KAGANKIEWICZ

Streszczenie: W artykule poruszono zagadnienia orientowania przestrzennego i wzajemnego na przykładzie śruby M8. W szczególności skupiono się na zagadnieniach związanych z automatyzacją takiego procesu. Zaproponowano przykładową linię premontażową, w której wykorzystano urządzenia do zmiany elementu orientowanej części.

Słowa kluczowe: orientowanie, automatyzacja, montaż, zasobnik wibracyjny, robot

Abstract: The article deals with issues of spatial and mutual orientation on the example of the M8 screw. In particular, the focus was on issues related to the automation of such a process. An exemplary pre-assembly line was proposed, in which devices for changing orientation of part were used.

Key words: orientation, automation, assembly, vibrating tray, robot

Wprowadzenie

Obecnie niemal każdy finalny produkt wymaga operacji montażu, składania części lub chociażby pakowania. Człowiek związany z przemysłem zdaje sobie sprawę jak istotnym etapem produkcji jest proces montażu oraz jakie wyzwania niesie jego dobre zaprojektowanie. Ogólnie przyjęto, że montaż jest trzecią częścią produkcji.

Nowoczesne stanowiska montażowe powinny cechować się nie tylko zmechanizowaniem, ale również przynajmniej częściową automatyzacją i robotyzacją. Wartością dodaną dla takich stanowisk jest elastyczność, tzn. szybka możliwość do zmiany procesu montażu.

Montaż jest jednym z ostatnich etapów procesu wytwarzania maszyn i urządzeń na liniach montażowych. Części są do siebie dodawane i złączane przez różnorodne ruchy elementów maszyn znajdujących się w linii. Wyrób wędruje najczęściej z jednego miejsca roboczego do kolejnego, zależnie od organizacji zakładu.

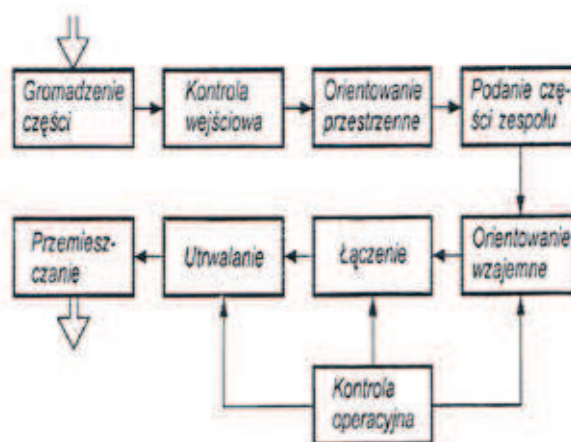
Operacja montażu składa się z kilku faz, które mają swoją specyfikę. W niniejszej pracy zostaną omówione szerzej dwie fazy procesu montażu, tj. orientacja przestrzenna i wzajemna.

Automatyzacja montażu skupia się na implementacji środków technicznych (automatów, regulatorów, serwomechanizmów, sensorów oraz robotów) do procesu w sposób pozwalający uzyskać samoczynne sterowanie, regulowanie oraz kontrolę czynności montażowych bez udziału człowieka w przypadku pełnej automatyzacji. Praca skupia się wokół najlepszej automatyzacji tych dwóch wymienionych wyżej etapów montażu. Ponadto, zostaną przedstawione obecne rozwiązania techniczne dostępne na rynku oraz zostanie przeprowadzona ich analiza.

Struktura operacji montażowej

Operacja montażowa jest zamkniętą częścią procesu technologicznego montażu, wykonywaną bez przerwy na jednym stanowisku roboczym oraz określonych jednostkach montażowych, logicznie powiązanych czynności, prowadzących do uzyskania jednostki wyższego rzędu (lub gotowego wyrobu), powstałej z dwóch lub więcej jednostek rzędu niższego, o określonych funkcjach. Wyróżnia się następujące operacje: główne, pomocnicze, specjalne i kontrolne. Operacja główna montażowa skupia się na podawaniu części, wzajemnym orientowaniu, połączeniu oraz utrwaleniu tego połączenia.

Analizując operację montażu można wyodrębnić następujące czynności strukturalne:



Rys.1. Struktura operacji montażowej [3]

Fig. 1. The structure of the assembly operation [3]

Czynności orientowania wzajemnego, łączenia oraz utrwalania powinny podlegać kontroli operacyjnej. W operacjach montażowych jest także możliwe wyodrębnienie czynności pomocniczych, lecz są to czynności, które zwiększają efektywność procesu, a nie są czynnościami montażu.

Proces montażu wymaga, by wszystkie komponenty były podawane w sposób jednoznacznie zorientowany w przestrzeni. Minimalnym wymogiem jest, by wszystkie półfabrykaty, wychodzące z zasobnika, miały identyczne położenie względem prowadnika. Proces ten wymaga również by części były orientowane „w czasie” tzn. wszystkie części przekazywane do stanowiska montażowego powinny pojawiać się w ściśle określonym czasie cyklu pracy stanowiska. Wzajemne orientowanie polega na ustawianiu powierzchni jednej części względem drugiej w ściśle określony sposób.

Orientowalność oraz jej kryteria

Głównym wymogiem procesu orientowania części jest uzyskanie oczekiwanego dokładnego wzajemnego położenia dwóch lub więcej zorientowanych części. Proces orientowania składa się z następujących etapów:

- Orientowanie przestrzenne pierwotne w zasobnikach z prowadnikami, którego zadaniem jest ułożenie części w kilku zaprojektowanych pozycjach. Ustawienia te są określane najczęściej względem przynajmniej jednego z wymiarów gabarytowych bądź powierzchni,
- Orientowanie przestrzenne wtórne w mechanizmach podawania (lub przed magazynami) z prowadnika do pozycji montażowej, w którym części przechodzą kolejne etapy ustawiania. Wraz z każdym kolejnym etapem zmniejszana jest liczba możliwych położań wyrobu na prowadniku,
- Ustalenie części na pozycji montażowej (bazowanie w przyrządzie),
- Orientowanie wzajemne ostateczne, w wyniku którego uzyskuje się położenie początkowe części przed wykonaniem zasadniczej operacji montażowej [1].

Ponadto orientowalność części może być określana przez następujące kryteria:

- Liczba i rząd osi symetrii części orientowanych - kryterium to pozwala wyznaczyć liczbę prawdopodobnych położań, które część może mieć będąc na prowadniku, a to pozwala określić liczbę etapów orientowania.
- Stosunek podstawowych wymiarów części - kryterium to określa prawdopodobieństwo zajmowania położań wynikających z liczby i rzędu osi symetrii. Im większa będzie różnica poszczególnych wymiarów części, tym większe będzie prawdopodobieństwo pewnych wybranych położań części na prowadniku.

- Złożoność kształtów geometrycznych części, która związana jest z kształtem zewnętrznych powierzchni części i wzajemnego położań tych powierzchni. Ma to wpływ na łatwość łączenia części oraz jej ruchliwość.

Dodatkowo każdą część można scharakteryzować przez zbiór wartości cech, które posiada.

Automatyzacja procesów orientowania

Projektując proces zautomatyzowany należy się skupić na specyficznych wymaganiach, które w normalnym procesie niezautomatyzowanym mogłyby być pominięte. Jest to związane z optymalizacją konstrukcji urządzeń i minimalizacją kosztów ich utrzymania tak, aby trajektoria ruchów była jak najlepsza, tzn. cechowała się minimalnymi odległościami, prostymi przemieszczeniami. Promień trajektorii powinien być możliwie duży, a liczba punktów oporowych jak najmniejsza. Ponadto pozostałe elementy powinny charakteryzować się w miarę powtarzalnym kształtem lub być standaryzowane. Układy zautomatyzowane powinny być wyposażone w proste pętle sprzężenia zwrotnego, które zapewnią dokładność i wydajność procesu. Co więcej, systemy powinny być wyposażone w dokładne metody pozycjonowania (najlepiej serwo-silniki wraz z zaawansowanymi technologicznie czujnikami różnego rodzaju), a także zdolne do wysokich prędkości przemieszczeń. Dla zwiększenia wydajności procesu zaleca się, aby liczba rozkazów technologicznych była jak najmniejsza. Ważną cechą takiego systemu powinna być zdolność do elastycznego montażu, tzn. system powinien mieć możliwość szybkiej zmiany na montaż innego produktu. Najlepszym sposobem by to uzyskać jest zastosowanie robotów przemysłowych, które pod tym względem są najlepsze i redukują znacząco czas przestojów linii montażowych z powodu zmian procesów montażowych. Układy automatycznego podawania, które najczęściej są zintegrowane z jednoczesnym orientowaniem, w systemach montażowych są układami dyskretnymi, ponieważ podają części pojedynczo z zasobnika, magazynu bądź grupowo z kasy lub palety. Dużą zaletą układów automatycznego podawania i orientowania w porównaniu z człowiekiem jest ich niezawodność i powtarzalność, a także w przypadku dobrze zaprojektowanego procesu wydajność.

Proces orientowania śrub M8

Chcąc stworzyć proces orientowania śruby do dalszego montażu trzeba odpowiedzieć sobie przede wszystkim na pytanie, jaka jest jej pożądana finalna pozycja przed ostatecznym montażem i co dalej będzie z nią robione. Na potrzeby tego procesu przyjęto, że śruba w finalnej fazie montażu będzie przykręcana z góry do korpusu. Na rys. 2 przedstawiono możliwy wygląd śruby.



Rys. 2. Śruba M8
Fig. 2. Screw M8

Mając na uwadze fakt, że śruba w finalnej pozycji powinna być łbem do góry, zaproponowano linię orientującą te śruby składającą się z następujących elementów:

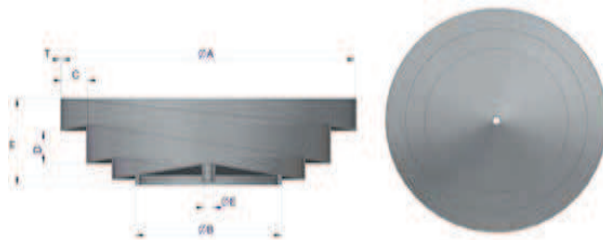
- W fazie pierwszej użyty będzie zasobnik wibracyjny, którego zadaniem będzie reorientacja wszystkich śrub do pozycji stojącej (łeb śruby jest na linii montażowej, a reszta jej skierowana ku górze).
- W drugiej fazie zostanie użyty przeorientownik mechaniczny, którego głównym zadaniem będzie reorientacja śruby o 180° w osi Z, tzn. śruba będzie miała rdzeń skierowany do dołu po wyjściu z orientownika. Śruba w dalszej części będzie podawana na linię, na której będzie już trzymana za łeb.
- W trzeciej fazie, bazując na systemie wizyjnym z wykorzystaniem manipulatora/robota, śruba będzie chwyтана przez chwytak robota (bazujący czy to na podciśnieniu czy też wykorzystujący pole magnetyczne) i montowana do korpusu urządzenia. Chwytak będzie miał również możliwość wkręcania śruby przez swój dynamiczny obrót wokół osi Z.



Rys. 3. Fazy orientowania śruby M8
Fig. 3. Orientation phases of the M8 screw

Poniżej przedstawiono urządzenia, które mogą zostać wykorzystane do linii montażowej:

- Zasobnik wibracyjny schodkowy WIB/CB/60R firmy Pneumatec, który posiada narastający promień i będzie przystosowany do orientacji pierwotnej. Producent zaimplementuje w nim przeszkody do orientacji śrub w pożądanej pozycji. Wybrano największy zasobnik, gdyż ma największą pojemność detali.



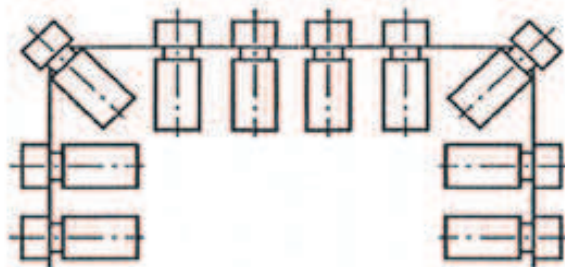
Model	Ø A	Ø B	C	D	H	Ø E	T	Materiał
WIB/CB/20 *LUR	200	120	15	25	65	9	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/25 *LUR	250	160	20	30	80	12	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/30 *LUR	300	180	25	35	95	12	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/35 *LUR	350	210	30	38	95	12	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/40 *LUR	400	240	35	45	105	12	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/45 *LUR	450	270	40	48	110	14	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/50 *LUR	500	297	45	50	130	14	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/55 *LUR	550	340	45	58	140	18	2	Stal nierdzewna
WIB/CB/60 *LUR	600	350	50	60	150	18	3	Stal nierdzewna

*LUR – literami, wyprowadzici kłobi; L – przesłony do robtu, wkładówki zegary; E – gwałny z ruzham wkładówki zegary

Rys. 4. Parametry zasobników schodkowych firmy Pneumatec [6]

Fig. 4. Parameters of Pneumatec's storage tanks [6]

- Przeorientownik mechaniczny może zostać wykonany ręcznie z prowadników, bądź zlecony do wykonania firmie zewnętrznej. Jego zasada działania będzie sprowadzać się do obrotu śrub o 180°, jej wykonanie pokazuje rys. 5.



Rys. 5. Konceptja reorientacji śruby M8
Fig. 5. Concept of M8 screw reorientation

- Robot przemysłowy FANUC M-10iA/10M ma najlepsze w swojej klasie dopuszczalne obciążenie (10 kg) i bezwładność, co gwarantuje mu wysoką wydajność oraz zoptymalizowane czasy cyklu. Robot jest 6-osiowy, a co za tym idzie bardzo wszechstronny. Dodatkowo zgodnie ze specyfikacją techniczną robot ma również wysokie momenty obrotowe. Zasięg tego robota to 1422 mm, a więc jest w zupełności wystarczający do tego procesu.

Analizując proces można odnieść wrażenie, że jest to rozwiązanie spełniające wszystkie wymagania, lecz może być ono ulepszone. Pierwszą rzeczą, którą można ulepszyć jest dodatkowa implementacja czujników do przeorientownika mechanicznego, tak by jego praca odbywała się tylko wtedy, gdy pojawiają się śruby na jego wejściu. Następną możliwością, dającą szansę zwiększenia efektywności, jest grupowa orientacja powodująca, że kilka śrub będzie orientowanych w tym samym czasie.

Dodatkowo, w tym celu można wykorzystać w pierwszej fazie zamiast zasobnika wibracyjnego bezkontaktowy system orientujący, bazujący na polu magnetycznym (przy założeniu, że łby śruby są spolaryzowane magnetycznie). Jednak takie rozwiązanie może być nieuzasadnione ekonomicznie.

Mocną stroną procesu orientowania jest faza trzecia. Inwestycja w wieloosiowego robota FANUC daje możliwość elastycznej modyfikacji położenia śruby po pobraniu, co niewątpliwie przy zmieniających się cyklach produkcyjnych będzie wartością dodaną takiego układu. Jeżeli połączenie montażowe będzie zawsze takie samo, można wykorzystać prosty manipulator, co zdecydowanie powinno zredukować budżet inwestycji.

Podsumowanie

- Największą zaletą użytego podajnika wibracyjnego do orientowania śrub jest jego prostota budowy, a także możliwość regulacji tempa wydawania śrub. Użyty podajnik wibracyjny może być w przyszłości również wykorzystywany do orientacji innych elementów poprzez zmianę znajdujących się na nim przeszkód. Dużym atutem tego rozwiązania jest również niska cena takiego urządzenia, w przeciwieństwie np. do układu bezkontaktowego, który był również rozważany podczas projektu.
- Decydując się na wykorzystanie przeorientownika mechanicznego nie zostanie utracona szybkość wydawania śrub, gdyż przeorientownik jest tylko profilem i nie wykonuje żadnych ruchów. Przeorientownik jest najtańszym elementem całego systemu orientowania śrub.
- Użycie robota przemysłowego w ostatniej fazie czynności orientowania śruby daje dużą elastyczność finalnego montażu, a także gwarantuje powtarzalność i precyzję wykonywanych ruchów orientujących. Największą elastycznością cechują się układy orientujące z wykorzystaniem robotów przemysłowych, gdyż dają one możliwość zmiany wykonywanych ruchów poprzez zmianę programu. Inwestycja w robota FANUC powoduje zwiększenie elastyczności całego systemu. Pobierana śruba przez robota nie musi się ograniczać tylko do montażu z góry. Śruba może być podawana pod różnymi kątami i mocowana w zależności od zaimplementowanego programu. Jedynym ograniczeniem jest zasięg ramienia robota.
- Proces orientowania śrub odbywa się etapami. Przedstawiony projekt jest uproszczony, lecz w przyszłości może być rozwijany. Faza przetestowania takiego systemu pozwoliłaby określić

bardziej szczegółowo, co może być ulepszone w przyszłości tak, żeby maksymalnie zwiększyć wydajność oraz efektywność systemu. W przyszłości gdyby zachodziła konieczność zmiany elementu orientowanego, elastyczność systemu pozwoliłaby na zaadaptowanie go do nowego elementu.

- Automatyzacja montażu jest istotnym zagadnieniem w projektowaniu linii produkcyjnych i daje duże możliwości oszczędności czasu, a co za tym idzie większej konkurencyjności zakładu produkcyjnego na rynku. Automatyzacja montażu jest szczególnie stosowana w produkcji masowej oraz w produkcjach wielkoseryjnych.
- Systemy orientowania przestrzennego i wzajemnego to często te same urządzenia, tylko inaczej skonfigurowane na linii montażowej.
- Przy orientowaniu przedmiotów małogabarytowych o nieskomplikowanych kształtach dobrze sprawdzają się zasobniki wibracyjne, które są stosunkowo tanie w porównaniu z innymi rozwiązaniami. Głównie z tego powodu zasobnik taki został użyty do projektu orientacji śruby M8.

LITERATURA

- [1] Barczyk J., Igielski J., Łunarski J. 1996. „Układy podawania w systemach automatycznego montażu”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [2] Honczarenko J. 2000. „Elastyczna automatyzacja wytwarzania”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- [3] Kowalski T., Lis G., Szenajch W. 2006. „Technologia i automatyzacja montażu maszyn”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [4] Łunarski J., Szabajkiewicz W., Szenajch W. 1994. „Automatyczne orientowanie w procesach montażu”. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej.
- [5] Łunarski J. 1993. „Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn”. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej.
- [6] <http://www.pneumatec.pl/oferta.php>, data dostępu 2017.
- [7] <http://automatykab2b.pl/prezentacja-artykul/2282-zastosowanie-i-rozwoj-systemow-wizyjnych-w-montazu-plytek-w-technologiei-smt#.Vy8gIIWLSM8>, data dostępu: 2017
- [8] <http://www.fanuc.eu/ru/en/robots/robot-filter-page/m-10-series/m-10ia-10m>, data dostępu: 2017

mgr inż. Filip Kagankiewicz - Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej, ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, e-mail: kagankiewicz@outlook.com

ZASTOSOWANIE UCHWYTÓW MODUŁOWYCH W OPERACJACH SPAVALNICZYCH

Application of modular holders in welding operations

Adam BARYLSKI

S t r e s z c z e n i e: W pracy przedstawiono przykłady wykorzystania uchwytów składanych w wybranych operacjach spawalniczych. Analizowano zaprojektowane oprzyrządowanie przedmiotowe w spawaniu trzech półfabrykatów typu korpus lub dźwignia. W konfiguracji tego typu uchwytów modułowych wykorzystano elementy wytwarzane seryjnie przez firmę Bernd Siegmund GmbH.

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

A b s t r a c t: The paper presents examples of the use of folding handles in several selected welding operations. Object designed equipment are being studied in the welding of three body or lever type blanks. The configuration of this type of modular holders uses elements produced in series by Bernd Siegmund GmbH.

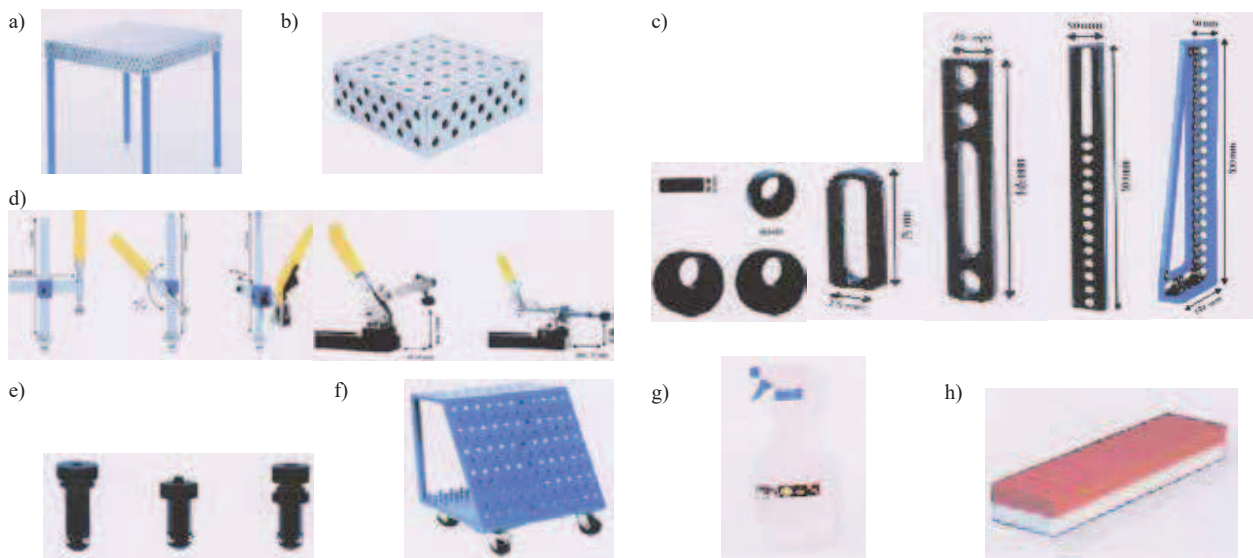
K e y w o r d s: welding, modular chuck, design

Wprowadzenie

Uchwyty obróbkowe znajdują zastosowanie w niemal wszystkich technologiach kształtowania elementów i zespołów maszyn [1–4,14,15,18], również w operacjach spawalniczych. Dotyczy to zarówno czynności szepiania elementów, jak i ostatecznego wykonywania spoin. Poszczególne elementy konstrukcji spawanej powinny być względem siebie właściwie rozmieszczone i dopasowane. Należy zachować podczas łączenia wymagane odstępki pomiędzy nimi, czy też zapewnić tzw. przeciwokształcenie konstrukcji. W łatwy sposób uzyskać to dzięki ich dociśnięciu odpowiednimi uchwytami zaciskowymi. Również podczas łączenia spoinami szepnymi istotne zadania spełniają zespoły zaciskowe. Ogólnie, stanowisko spawalnicze zapewniać powinno możliwie szybkie usytuowanie poszczególnych elementów w położeniach narzuconych przez kształt wykonywanej konstrukcji i przy zachowaniu powtarzalności w zakresie wymaganych tolerancji wymiarowych, nieprzesuwalność elementów podczas szepiania i spawania, dogodny dostęp do wykonania spoin przyjętą metodą spawania, możliwość ustawienia spawanego przedmiotu we właściwej pozycji, ewentualny obrót lub przesuw przedmiotu oraz możliwość jego łatwego wyjęcia z przyrządu. Oprzyrządowanie

stanowiska spawalniczego nie zawsze musi spełniać wszystkie wymienione wymagania. Zależy to od położenia i kształtu spawanego wyrobu [16]. Funkcje te spełniają wchodzące w skład systemu oprzyrządowania elementy: oporowe, mocujące (śrubowe) i pomocnicze, a także różnego rodzaju (mechaniczne, pneumatyczne, hydrauliczne i magnetyczne) zespoły oporowe i zaciskowe oraz ściągi i rozpory. Wśród stosowanych urządzeń są także tzw. bazy montażowe, zbieraki topnika, podkładowe spawalnicze, osprzęt elektryczny, kolumny i stojaki, wysięgniki, portale, platformy i podesty oraz rolki oporowe. Wykorzystywane są również mechanizmy napędowe (przesuwne i obrotowe) oraz manipulatory i roboty.

Współcześnie, proponowane są też całe systemy modułowego oprzyrządowania spawalniczego [5–13], w skład którego m.in. wchodzi: stoły (z blatem stalowym lub aluminiowym) (rys. 1a), bloki (rys. 1b), elementy ustalające (oporowe, tzw. stopery – czyli podstawy acentryczne, uniwersalne i kątowe) (rys. 1c), zespoły zaciskowe (rys. 1d), elementy złączne (rys. 1e), wózki na narzędzia i elementy uchwytów (rys. 1f), płyn antystatyczny – zapobiegający przyleganiu odprysków spawalniczych do stołu i innych elementów (rys. 1g), a także odpowiedni pilnik do usuwania tych odprysków (rys. 1h).



Rys. 1. Wybrane elementy systemu oprzyrządowania firmy Bernd Siegmund GmbH [5]

Fig. 1. Selected elements of the Bernd Siegmund GmbH company's instrumentation system [5]

Przykłady wykorzystania systemu modułowego [5] w budowie uchwytów spawalniczych podano poniżej, co było podstawowym celem pracy. Wszystkie elementy, spawane metodą MAG, wykonano ze stali S275JR [17].

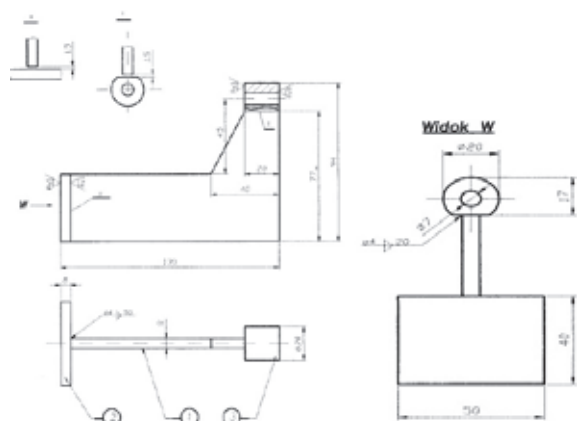
Konfiguracja uchwytów spawalniczych

Przykład I

Przedmiotem spawanym jest korpus (rys. 2), w skład któregochodzi żebro (1), płytka (2) i tuleja (3). Korpus I spawany jest w dwóch zamocowaniach – w uchwytach 1a i 1b, rozmieszczonych obok siebie na stole. Kolejność montażu uchwytu 1a przedstawia rys. 3:

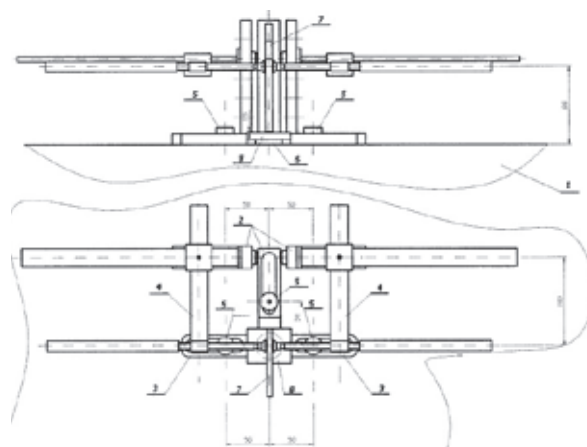
- zamocowanie trzech podstaw (2) trzpieniami (5) do stołu (1) oraz umieszczenie na blacie (1) podstawy (6) (może być to również płytka stalowa o wymiarach 15×15×5 mm) w celu zachowania wymaganego odstępu pomiędzy stołem a spawanym elementem,
- zamocowanie podstawy uniwersalnej (3) trzpieniem (5),
- umieszczenie spawanej płytki (8) na podstawie (6) oraz dociśnięcie do podstawy (2) i stopera uniwersalnego (3),
- zamocowanie płytki (8) oraz dociśnięcie do niej drugiego stopera (3) oraz zamocowanie za pomocą trzpienia (5) do blatu,
- zamocowanie dwóch standardowych zacisków śrubowych (4) do podstaw (2), zachowując odstęp 1,5 mm od płytki (8) i dociskając do podstawy (2),
- zamocowanie żebra (7) zaciskami (4).

W celu skrócenia czasu zamocowania spawanych elementów w uchwycie składanym, należy jeden ze stoperów uniwersalnych 3 traktować jako stały, a drugi jako przesuwany. Podobna zasada dotyczy też zacisków śrubowych (4).



Rys. 2. Półfabrykat I

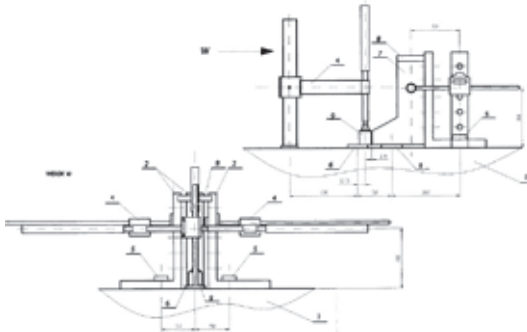
Fig. 2. Semi-finished product I



Rys. 3. Uchwyt 1a

Fig. 3. Welding clamp 1a

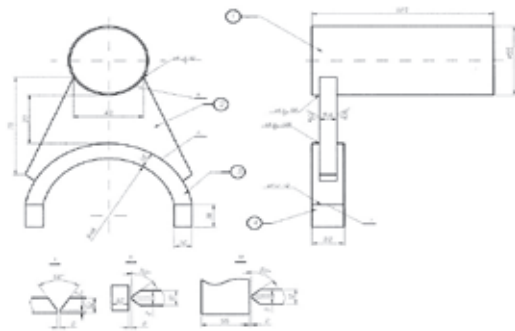
W przypadku uchwytu 1b (rys. 4) po zamocowaniu trzpieniami (5) podstaw (2), umieszczeniu płytek (6) i zamocowaniu zacisków (4) do blatu stołu (1), mocowany jest zacisk (4). Następnie na podstawę (6) położone są pospawane w uchwycie 1a elementy (7) oraz (8) i zamocowane zaciskami (4), po czym (zachowując odpowiedni odstęp od elementu (7) mocowana jest spawana tuleja (9) zaciskiem (4).



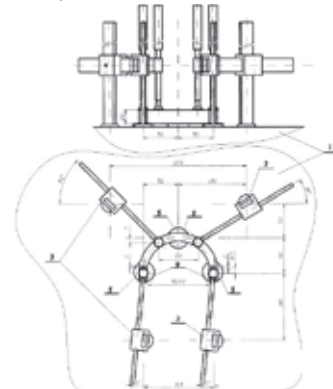
Rys. 4. Uchwyt 1b
Fig. 4. Welding clamp 1b

Przykład II

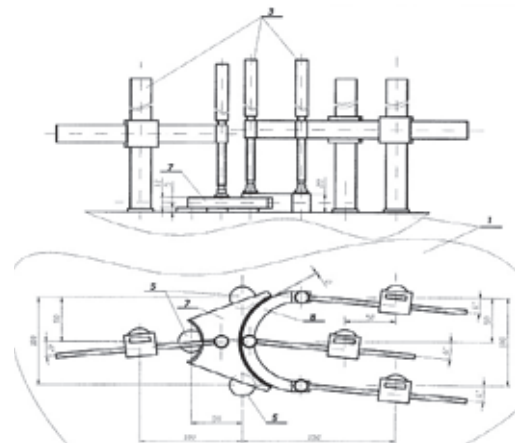
Przedmiot spawany jest dźwignią (rys. 5), w skład której wchodzi wał (1), żebro (2), półpierścien (3) i stopki (4). W przyjętym rozwiązaniu dźwignia spawana jest w pięciu zamocowaniach (w czterech uchwytach: 2a – 2d). Kolejność składania uchwytu 2a (rys. 6) obejmuje: usytuowanie na blacie (1) trzech podstaw (5) (lub płytek 15×15×5 mm) dla zachowania wymaganego odstępu pomiędzy stołem a elementem spawanym, zamocowanie czterech zacisków śrubowych (3) na stole (1), położenie na elementach (5) półpierścienia (8) oraz stopki (9) (zachowując niezbędny odstęp) i zamocowanie spawanych elementów zaciskami śrubowymi (3). Zamocowanie drugie i trzecie spawanego przedmiotu odbywa się w uchwycie 2b (rys. 7). Po ułożeniu trzech podstaw (5) (lub specjalnych płytek) do blatu (1) stołu mocowane są zaciski (3). Na podstawie (5) położone jest spawane żebro (7), dociskane zaciskiem (3). Następnie na blat (1) ułożone są zespawane wcześniej elementy (8) oraz (9) i zamocowane zaciskami (3) (z zachowaniem 2 mm odstępu pomiędzy żebrem (7) a półpierścieniem 8). Po odwróceniu przedmiotu spawanego można wykonać spoinę z drugiej strony, mocując zaciskami jak poprzednio. W zamocowaniu czwartym (uchwyt 2c) występuje następująca kolejność (rys. 8): po ułożeniu podstaw (5) na blat (1) i zamocowaniu czterech standardowych zacisków śrubowych (3), ułożone są zespawane wcześniej elementy (7-9) na podstawie (5) oraz zamocowane trzema zaciskami (3). Potem mocowany jest spawany wał (6) zaciskiem (3), przy zachowaniu wymaganych odstępów.



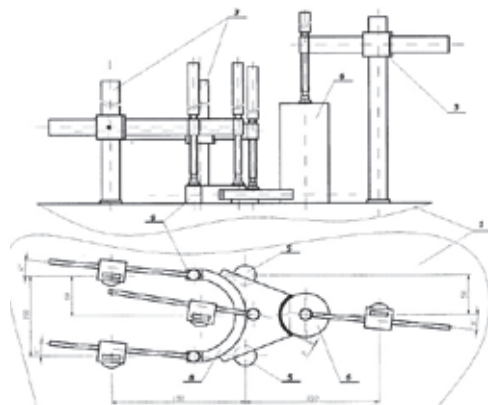
Rys. 5. Półfabrykat II
Fig. 5. Semi-finished product II



Rys. 6. Uchwyt 2a
Fig. 6. Welding clamp 2a

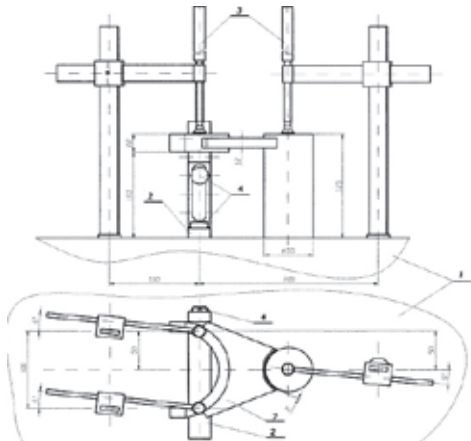


Rys. 7. Uchwyt 2b
Fig. 7. Welding clamp 2b



Rys. 8. Uchwyt 2c
Fig. 8. Welding clamp 2c

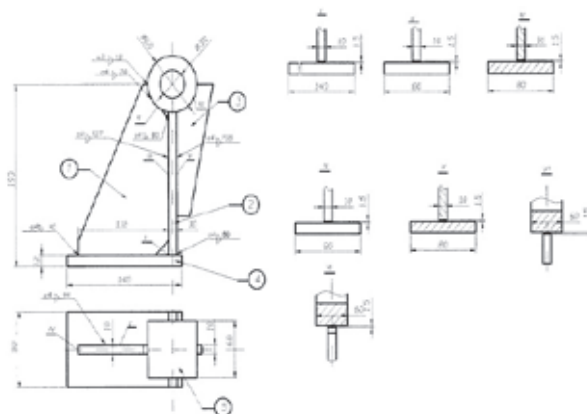
Do ostatniego zamocowania (uchwyt 2d) skonfigurowany jest następujący układ elementów (rys. 9): do blatu stołu (1) zamocowany jest stoper (2) trzpieniem (4), a na nim kolejny stoper (2) (również trzpieniem 4), po czym mocowane są trzy zaciski (3). Na blacie (1) oraz na jednym ze stoperów ułożone są zespawane uprzednio elementy (6-9) i zamocowane dwoma zaciskami (3).



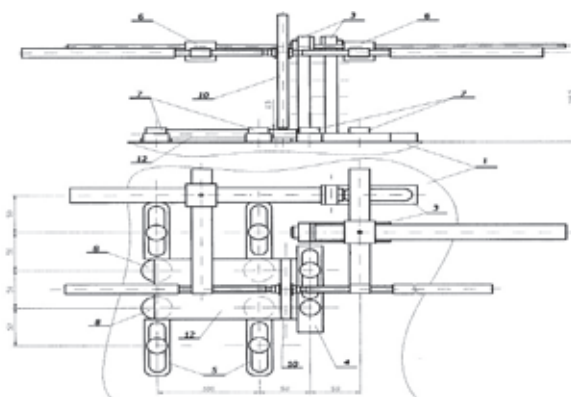
Rys. 9. Uchwyt 2d
Fig. 9. Welding clamp 2d

Przykład III

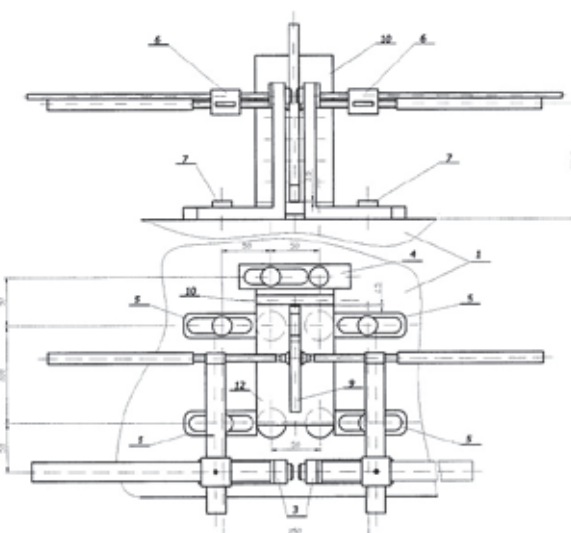
Spawany korpus (rys.10) składa się z żeber (1) i (3), płyt (2) i (4) oraz tulei (5). Jest spawany w czterech zamocowaniach (chwyty 3a-3d). Konfiguracja uchwytu 3a (rys. 11) obejmuje: zamocowanie stoperów (4) i (5) trzpieniami (7) do stołu (1), ułożenie czterech podstaw (8), a następnie zamocowanie spawanej płyty (12). Po zamocowaniu podstaw (3) trzpieniami (7) do stołu (1) i zacisków śrubowych (6) do podstaw (3), mocowana jest spawana płyta (10) zaciskami (6) (zachowując odstęp 1,5 mm od płyty (12)). W uchwycie drugim (uchwyt 3b) (rys. 12) mocujemy stopery (4) i (5) trzpieniami (7) do stołu (1). Na czterech podstawach (8) układamy zespawane elementy (12) i (10), dociskając do stoperów (4) i (5), po czym mocujemy dwie podstawy (3) trzpieniami (7), a do nich zaciski (6), które mocują żebro (9). W uchwycie trzecim (uchwyt 3c) (rys.13) na zamocowane stopery (4) i (5) trzpieniami (7) i po ułożeniu podstaw (8), dociskamy zespawane wcześniej elementy (12), (10) i (9) do stoperów i za pomocą zacisków śrubowych (6) mocowane jest żebro (11) (zachowując odpowiedni odstęp). W uchwycie 3d (rys.14) po zamocowaniu stoperów (4) i (5) trzpieniami (7), układamy na czterech podstawach (8) zespawane uprzednio elementy (12), (10), (9) i (11). Do dwóch podstaw (2), zamocowanych trzpieniami (7) do płyty (1), mocujemy dwa zaciski (6), które umożliwiają zachowanie odstępu 1,5 mm od elementów (12) i (10).



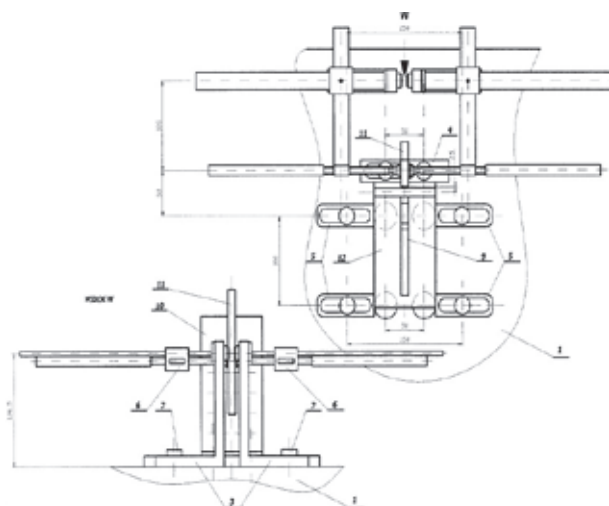
Rys. 10. Półfabrykat III
Fig. 10. Semi-finished product III



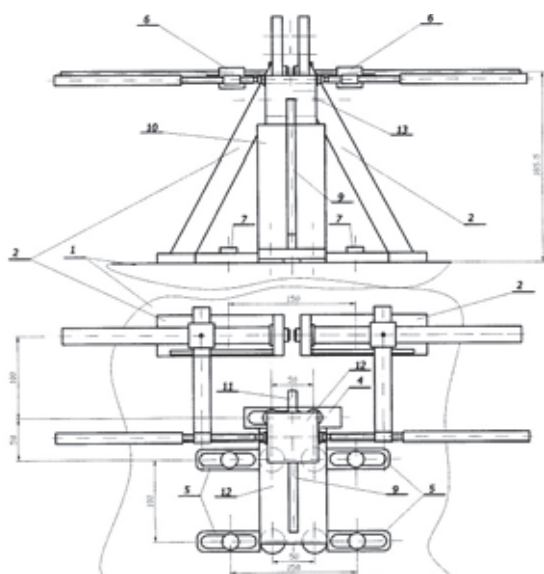
Rys. 11. Uchwyt 3a
Fig. 11. Welding clamp 3a



Rys. 12. Uchwyt 3b
Fig. 12. Welding clamp 3b



Rys. 13. Uchwyt 3c
Fig. 13. Welding clamp 3c



Rys. 14. Uchwyt 3d
Fig. 14. Welding clamp 3d

Podsumowanie

W przedstawionych uchwytach spawalniczych wykorzystano elementy firmy Bernd Siegmund GmbH [5]: płytę aluminiową (blat) z otworami rozmieszczonymi co 50 mm (1 szt.), nogi stołu (4), stopery (podstawy) 300M (2), podstawy 140L (6), stopery uniwersalne 115L (4), stopery 75L (16), zaciski śrubowe (15), trzpienie mocujące (24) i podstawy (16) oraz akcesoria (wózek na narzędzia i elementy, pokrętkę, szczotkę, dwa klucze, płyn antystatyczny i pilnik). Łączny koszt tego zestawu oprzyrządowania modułowego (stół, elementy ustalające i mocujące oraz akcesoria), zastosowanego w wytwarzaniu seryjnym trzech półfabrykatów spawanych, wyniósł 10 171 PLN.

W przypadku wystąpienia produkcji jednostkowej liczbę niezbędnych elementów systemu można

znacząco zmniejszyć, co oczywiście wpłynie na zmniejszenie kosztów oprzyrządowania. Trwałość systemu modułowego jest bardzo wysoka i wynosi nawet kilkanaście lat. Dobierając poszczególne elementy należy rozważyć ich wielokrotność użycia w realizowanej produkcji, czy też w maksymalnym stopniu skrócić czas mocowania spawanych półwyrobów. W przypadku zapewnienia uniwersalności zaleci należy zaciski uniwersalne, a nie tzw. szybkozaciski (zaciski poziome). Projektując uchwyt należy brać pod uwagę zastosowanie jak najmniejszej liczby elementów składowych i, co oczywiste, dogodny dostęp do wykonywanych spoin. Pamiętać również należy, że stoły mają równomiernie rozmieszczone otwory na płycie roboczej.

LITERATURA

- [1] Barylski A. 2016. „Analiza kosztów konfiguracji i montażu uchwytów modułowych na przykładzie obróbki dźwigni dwustronnej”. *Technologia i Automatyzaacja Montażu* (4): 30-33.
- [2] Barylski A. 2006. „Analiza technologiczności konstrukcji uchwytów obróbkowych”. *Technologia i Automatyzaacja Montażu* (3): 39-42.
- [3] Gaoliang P. et. al. 2010. “A desktop virtual reality-based interactive modular fixture configuration”. *Computer-Aided Design* (42): 432-444.
- [4] Liu H. et. al. 2016. “Multi-point Clamping with Automatic Collision Avoidance for Aircraft Structural Parts Machining”. *Procedia Manufacturing* (6): 33-38.
- [5] Materiały informacyjne firmy Bernd Siegmund GmbH.
- [6] Materiały informacyjne firmy Bluco.
- [7] Materiały informacyjne firmy Kemper..
- [8] Materiały informacyjne firmy Demmeler.
- [9] Materiały informacyjne firmy Cloos.
- [10] Materiały informacyjne firmy Mechanik System.
- [11] Materiały informacyjne firmy Esab.
- [12] Materiały informacyjne firmy Trans-Spaw.
- [13] Materiały informacyjne firmy Elrotech.
- [14] Munoa J. et. al. 2016. “Design of self-tuneable mass damper for modular fixturing systems”. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* (65): 389-392.
- [15] Nelaturi S. et. al. 2014. “Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning”. *Computer-Aided Design* (46): 160-169.
- [16] Pilarczyk J., J. Pilarczyk. 1996: *Spawanie i napawanie elektryczne metali*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
- [17] Rudzki M. 2007. „Konstrukcja uchwytów modułowych w operacjach spawalniczych”. Prowadz. pracę A. Barylski.
- [18] Wan N., Wang Z., Mo R. 2013. “An intelligent fixture design method based on smart modular”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (69): 2629-2649.

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

ANALIZA STATYSTYCZNA WPŁYWU PARAMETRÓW PNEUMOKULOWANIA NA NOŚNOŚĆ ZAKŁADKOWYCH POŁĄCZEŃ KLEJOWYCH STOPU ALUMINIUM 2024

Statistic analysis of the influence shot peening parameters on the capacity of single lap adhesive joints from aluminium alloy 2024

Władysław ZIELECKI, Łukasz BĄK, Ewelina GUŹLA, Magdalena BUCIOR

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wybranych parametrów procesu pneumokulowania na nośność zakładkowych połączeń klejowych stopu aluminium 2024. Na skutek pneumokulowania nośność badanych połączeń zwiększyła się o 3,6-20,3%. Co więcej, na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej można stwierdzić, że w przyjętym obszarze zmienności parametrów technologicznych pneumokulowania, średnica kulek, ciśnienie sprężonego powietrza oraz czasu kulowania nie wywierają istotnego statystycznie wpływu na nośność połączeń klejowych stopu aluminium 2024.

Słowa kluczowe: połączenia klejowe, pneumokulowanie

Abstract: The thesis presents the results of investigations on the impact of shot peening parameters on the capacity of single lap adhesive joints from aluminium alloy 2024. Shot peening increased the capacity of joints by 3,6-20,3%. What is more, the statistical analysis showed that in the assumed area variability of shot peening parameters: ball diameter, pressure and time does not significantly affect the capacity of adhesive joints from aluminium 2024.

Key words: adhesive joints, shot peening

Wprowadzenie

Połączenia klejowe są przykładem połączeń nierozłącznych. Charakteryzują się licznymi zaletami, do których zalicza się dużą wytrzymałość połączenia, możliwość stosowania dla różnorodnych materiałów i zmniejszenie ciężaru konstrukcji [1-4]. Połączenia klejowe znajdują szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w: lotnictwie, przemyśle samochodowym i maszynowym. Z powodzeniem mogą zastępować połączenia spawane, lutowane, zgrzewane, nitowe i śrubowe [1]. Duża popularność połączeń klejowych sprawia, że poszukuje się różnych możliwości zwiększania ich wytrzymałości. Przykładem procesu mogącego zwiększyć wytrzymałość tego rodzaju połączeń jest pneumokulowanie [8].

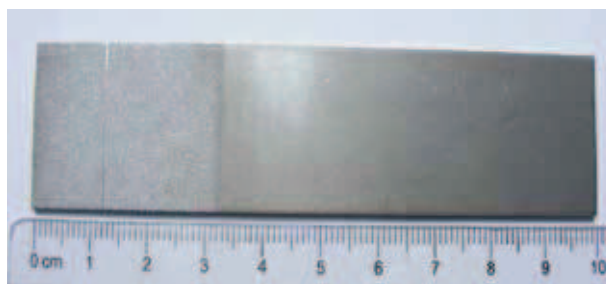
Pneumokulowanie jest jedną z metod nagniatania umacniającego. Ma ono na celu wywołanie zgniotu warstwy wierzchniej wraz z towarzyszącymi temu skutkami. Realizowane jest przez elementy nagniatające w postaci kulek tożyskowych, wprowadzanych w ruch z wykorzystaniem strumienia sprężonego powietrza [5,6]. Efektywnością procesu pneumokulowania można sterować przez odpowiedni dobór parametrów kulowania, do których zalicza się m.in. średnicę kulek i wielkość wsadu, ciśnienie sprężonego powietrza oraz czas obróbki [7].

Metodyka badań

Celem prowadzonych badań było przeanalizowanie wpływu wybranych parametrów technologicznych procesu pneumokulowania na nośność zakładkowych

połączeń klejowych stopu aluminium 2024 oraz ocena istotności wpływu tych parametrów na nośność badanych połączeń. Przedmiot badań stanowiły próbki wykonane ze stopu aluminium 2024 o wymiarach 100×25×2 mm, sklejone na zakładkę klejem Loctite EA 3430. Loctite EA 3430 jest klejem epoksydowym, dwuskładnikowym, charakteryzującym się dużą szybkością utwardzania. Jego składniki mieszane są w proporcji 1:1 (wagowo lub objętościowo).

Proces klejenia rozpoczęto od przygotowania powierzchni próbek w miejscu ich łączenia. W tym celu próbki poddano obróbce strumieniowo-ściernej elektrokorundem. Przeprowadzono ją przy ciśnieniu 0,5 MPa, z wykorzystaniem dyszy o średnicy 6 mm. Obróbka ta umożliwiła uzyskanie optymalnego rozwinięcia powierzchni, skutkującego zwiększeniem siły wiązań adhezyjnych między metalem a klejem (rys. 1).



Rys. 1. Próbką po obróbce strumieniowo-ściernej
Fig. 1. A sample after abrasive blasting

Następnie każdą z próbek poddano odtłuszczeniu. W tym celu wykorzystano szybko odparowujący aceton.

Po odpowiednim przygotowaniu powierzchni do klejenia, przystąpiono do mieszania masy klejowej i tworzenia połączenia klejowego jednozakładkowego. Do mieszania i nanoszenia kleju wykorzystano

specjalną końcówkę mieszającą. Powstałe spoiny klejowe miały wymiary 25×12,5×2 mm. Próbki zostały umieszczone na 7 dni w przyrządzie do klejenia. W tym czasie złącza były obciążone siłą stałą, wywieraną przez obciążniki jednokilogramowe (rys. 2). Utwardzanie spoin przebiegało w temperaturze 23±2°C.



Rys. 2. Próbki umieszczone w przyrządzie do klejenia
Fig. 2. Samples placed in the gluing instrument

Sklejone próbki podzielono na siedem grup. Złącza klejowe sześciu grup zostały poddane pneumokulowaniu, natomiast siódmą grupę

pozostawiono w stanie niezmienionym. Nagniatanie obejmowało obydwie strony złącza. Parametry pneumokulowania przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Parametry pneumokulowania połączeń klejowych
Table 1. Shot peening parameters of adhesives joints

Nr grupy	Parametry kulowania	
	średnica kulek dk [mm]	ciśnienie p [MPa]
1.	2	0,25
2.	2	0,25
3.	2	0,25
4.	2	0,20
5.	2	0,30
6.	2,5	0,25

Po przeprowadzeniu procesu pneumokulowania próbki umocnione i nieumocnione przez zgniot poddano próbie jednoosiowego rozciągania. Próbę przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick Roell Z030. Połączenia klejowe obciążono siłą osiową z prędkością 5 mm/min. Siła wstępna był równa 30 N.

Wyniki badań i ich analiza

Wyniki uzyskane w próbie jednoosiowego rozciągania przedstawiono w tab. 2 (dla próbek kulowanych) i tab. 3 (dla próbek niekulowanych).

Pneumokulowanie połączeń klejowych ze stopu aluminium 2024 spowodowało zwiększenie ich nośności

o 3-20%. Największą wytrzymałość na ścinanie, a tym samym największy wzrost nośności połączeń klejowych (o ponad 20%) odnotowano dla próbek kulowanych przez 2 min, kulkami o średnicy 2 mm napędzanych strumieniem powietrza o ciśnieniu 0,2 MPa.

Wyniki uzyskane w badaniach poddano analizie statystycznej. W tym celu wykorzystano program Minitab. Badania statystyczne obejmowały przeprowadzenie jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, wykonanie testu t-Studenta, analizę regresji nośności połączeń, sporządzenie wykresów pudełkowych oraz wykresów trójwymiarowych.

Efekty jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA zostały przedstawione w tab. 4.

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałościowych dla próbek poddanych pneumokulowaniu

Table 2. Results of strength tests for samples after shot peening

Lp.	Średnica kulek	Ciśnienie	Czas	Nośność połączenia	Średnia nośność połączenia	Wytrzymałość na ścianie	Wzrost nośności połączenia
	dk [mm]	p [MPa]	t [min]	Pt [kN]	Pśr [kN]	Rt [MPa]	ΔP [%]
1	2	0,25	1	7,420	6,787	21,718	3,6
2	2	0,25	1	7,260			
3	2	0,25	1	5,680			
4	2	0,25	2	7,680	7,387	23,638	12,7
5	2	0,25	2	7,890			
6	2	0,25	2	6,590			
7	2	0,25	3	8,110	7,383	23,626	12,7
8	2	0,25	3	7,010			
9	2	0,25	3	7,030			
10	2	0,2	2	7,660	7,883	25,226	20,3
11	2	0,2	2	7,330			
12	2	0,2	2	8,660			
13	2	0,3	2	8,180	7,520	24,064	14,8
14	2	0,3	2	6,110			
15	2	0,3	2	8,270			
16	2,5	0,25	2	6,710	6,747	21,590	3
17	2,5	0,25	2	6,650			
18	2,5	0,25	2	6,880			

Tabela 3. Wyniki badań wytrzymałościowych dla próbek niepoddawanych pneumokulowaniu

Table 3. Results of strength tests for samples not subjected to shot peening

Lp.	Nośność połączenia	Średnia nośność połączenia	Wytrzymałość na ścinanie
	Pt [kN]	Pśr [kN]	Rt [MPa]
19	6,990	6,552	20,966
20	6,960		
21	7,490		
22	5,760		
23	6,250		
25	5,860		

Tabela 4. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA

Table 4. Results of one-way analysis of ANOVA

Zmienna niezależna	DF	SS	MS	F	Pv
dk	1	1,041	1,041	1,76	0,203
Error	16	9,463	0,591		
Total	17	10,504			
p	2	1,765	0,882	1,51	0,252
Error	15	8,740	0,583		
Total	17	10,504			
t	2	0,892	0,446	0,70	0,514
Error	15	9,612	0,641		
Total	17	10,504			

DF – liczba stopni swobody; SS – suma kwadratów; MS – średnia suma kwadratów; F- wartość testu F; Pv – poziom prawdopodobieństwa

Wartości P_v wskazują na to, że w przyjętym obszarze zmienności parametry procesu kulowania takie jak: średnica kulek d_k , ciśnienie sprężonego powietrza p i czas kulowania t , nie wykazują istotnego statystycznie wpływu na nośność połączeń klejowych. Na podstawie wartości P_v , kształtujących się na poziomie 0,252 (dla p) oraz 0,203 (dla d_k), można wnioskować jednak,

że ciśnienie i średnica kulek mogą być uznawane za parametry sterujące procesem w kolejnych badaniach.

Dalszym etapem analizy statystycznej było przeprowadzenie testu t-Studenta. Umożliwił on określenie tych wariantów obróbki, pomiędzy którymi występowała różnica kształtująca się na poziomie istotności $\alpha=0,05$ (tabela 5).

Tabela 5. Wyniki testu t-Studenta
Table 5. Student's t-test results

P_v [%]	2_0,25_1	2_0,25_2	2_0,25_3	2_0,2_2	2_0,3_2	2,5_0,25_2
0_0_0	36,539	8,215	6,881	2,586	15,121	26,627
2_0,25_1	x					
2_0,25_2	21,779	x				
2_0,25_3	21,346	49,770	x			
2_0,2_2	9,566	21,550	20,379	x		
2_0,3_2	23,112	43,976	43,713	34,151	x	
2,5_0,25_2	47,467	12,558	10,944	5,032	19,368	x

Wyniki testu t-Studenta są potwierdzeniem wniosków płynących z analizy ANOVA. Czynniki sterowalne, do których należą średnica kulek, ciśnienie powietrza i czas kulowania, nie wywierają istotnego statystycznie wpływu na nośność badanych połączeń. P_v tylko w jednym przypadku jest mniejsze od 5%. Oznacza to, że istotne różnice występują tylko pomiędzy próbkami

niekulowanymi, a próbkami kulowanymi kulkami o średnicy 2 mm, w czasie 2 min z ciśnieniem 0,2 MPa.

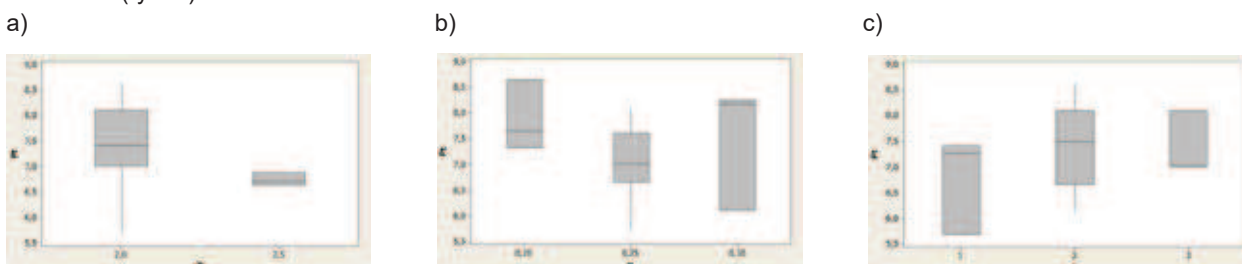
Na podstawie równań regresji zamieszczonych w tab. 6 można zauważyć, że wraz ze zwiększaniem ciśnienia sprężonego powietrza i średnicy kulek następuje zmniejszenie nośności badanych połączeń klejowych. Zwiększanie nośności połączeń następuje natomiast wraz ze zwiększaniem czasu kulowania.

Tabela 6. Wyniki analizy regresji nośności P_t połączeń klejowych od zmiennych niezależnych (średnicy kulek d_k , ciśnienia p i czasu kulowania t)

Table 6. Results of regression analysis of load capacity P_t of glue joints from independent variables (ball diameter d_k , pressure p and treatment time t)

Zależność nośności P_t od zmiennej niezależnej	Otrzymane równanie regresji	P_v
d_k	$P_t = 9,97 - 1,29 d_k$	0,203
p	$P_t = 8,19 - 3,63 p$	0,587
t	$P_t = 6,69 + 0,298 t$	0,368
d_k, p, t	$P_t = 10,3 - 1,29 d_k - 3,63 p + 0,298 t$	0,444

Na poniższych wykresach pudełkowych przedstawiono zależność nośności P_t od średnicy kulek, ciśnienia i czasu kulowania (rys. 3).

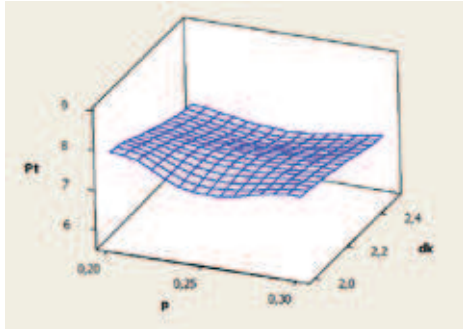


Rys. 3. Wykresy pudełkowe przedstawiające zmienność nośności P_t połączeń klejowych w zależności od: a) średnicy kulek d_k , b) ciśnienia sprężonego powietrza p , c) czasu kulowania t

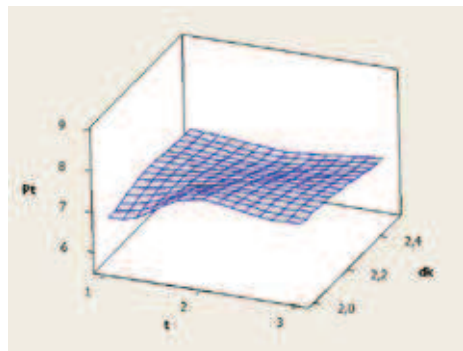
Fig. 3. Box plots showing variability of the load capacity P_t of glue joints depending on: a) ball diameter d_k , b) compressed air pressure p , c) treatment time t

Pokrywanie się obszarów ukazanych na wykresach jest potwierdzeniem braku istotnego statystycznie wpływu poszczególnych parametrów (dk , p , t) na nośność badanych połączeń klejowych. Spostrzeżenia te potwierdzają również poniższe wykresy trójwymiarowe (rys. 4).

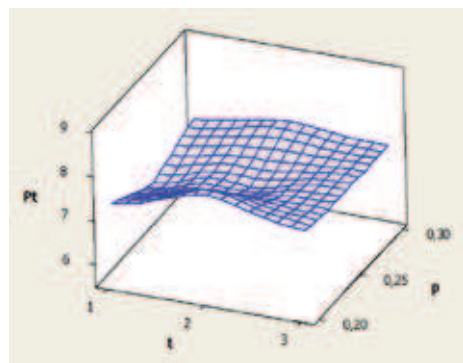
a)



b)



c)



Rys. 4. Wykres przedstawiający zmienność nośności P_t połączeń klejowych w zależności od: a) średnicy kulek dk i ciśnienia p , b) średnicy kulek dk i czasu kulowania t , c) ciśnienia p i czasu kulowania t

Fig. 4. A graph showing variability of the capacity of P_t glue joints depending on: a) ball diameter dk and pressure p , b) ball diameter dk and treatment time t , c) pressure p and treatment time t

Wnioski

1. Na podstawie analizy wpływu procesu pneumokulowania na nośność połączeń klejowych stopu aluminium 2024 można stwierdzić, że zastosowanie tego rodzaju obróbki umacniającej przyczynia się do zwiększenia nośności badanych połączeń. W wyniku pneumokulowania nośność połączeń wzrosła o 3,6 do 20,3%.
2. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że w przyjętym obszarze zmienności parametry procesu

kulowania, takie jak: średnica kulek dk , ciśnienie powietrza p oraz czas kulowania t nie wpływają w istotny statystycznie sposób na nośność badanych połączeń klejowych.

3. Analiza równań regresji wskazuje na to, że wraz ze zwiększaniem ciśnienia sprężonego powietrza i średnicy kulek następuje zmniejszenie nośności badanych połączeń klejowych. Natomiast zwiększanie nośności połączeń następuje wraz ze zwiększaniem czasu kulowania.

LITERATURA

- [1] Godzimirski J. i in. 1997. „Konstrukcyjne połączenie klejowe elementów metalowych w budowie maszyn”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [2] Piekarczyk M. 2013. „Zastosowanie technologii klejenia w metalowych konstrukcjach budowlanych”. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [3] Porębska M., A. Skorupa. 2013. „Połączenia spójnościowe”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [4] Rudawska A., J. Kuczmaszewski. 2005. „Klejenie blach ocynkowanych”. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
- [5] „Technologie, urządzenia, metody”. 2007. Praca zbiorowa pod red. M. Korzyńskiego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [6] „Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie. Tom 3”. 2013. Praca zbiorowa pod red. W. Przybylskiego. Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej.
- [7] Zaleski K. 2008. „Kształtowanie wybranych właściwości warstwy wierzchniej elementów metalowych w procesie dynamicznego nagniatania rozproszonego”. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
- [8] Zielecki W., K. Korzyńska. 2016. „Umocnienie zakładkowych połączeń klejowych stopu tytanu Ti6Al4V metodą pneumokulowania”. Technologia i Automatykacja Montażu (1): 44–47.

dr hab. inż. Władysław Zielecki prof. PRz - Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: wzkmtiop@prz.edu.pl

mgr inż. Ewelina Guźla - studentka studiów doktoranckich na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawa 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: e.guzla@prz.edu.pl

dr inż. Magdalena Bucior - Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: magdabucior@prz.edu.pl

dr inż. Łukasz Bąk - Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Przeróbki Plastycznej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: lbak@prz.edu.pl

MODULARYZACJA JAKO ELEMENT BUDOWY PRZEWAGI KONKURENCYJNEJ

Modularization as an element of building the competitiveness

Jerzy ŁUNARSKI

Streszczenie: W pracy przeprowadzono ogólną analizę wpływu normalizacji i jej ważnej metody modularyzacji technologii na konkurencyjność organizacji. Modularyzacja elementów szeregu technologicznego: wyrób – proces technologiczny – system technologiczny – organizacja pracy, sprzyja specjalizacji technologicznej i jej współczesnej odmianie elastycznej specjalizacji technologicznej zwiększając efektywność przedsiębiorstwa a tym samym jego konkurencyjność.

Słowa kluczowe: normalizacja, modularyzacja, technologia, produkcja

Abstract: The paper presents a general analysis of the impact of standardization and its important method of technology modularization on the organization. competitiveness. Modularization of elements of the technological series: product - manufacturing process - production system - work organization, promotes technological specialization and its modern variety of flexible technological specialization, increasing the efficiency of the company and thus its competitiveness.

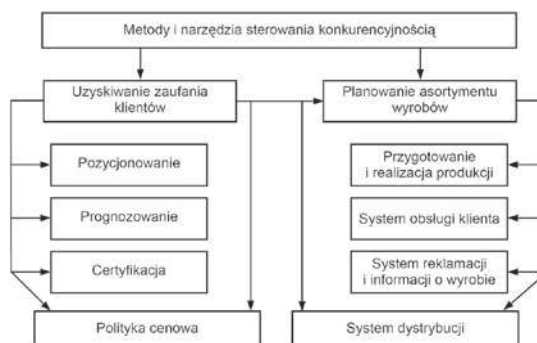
Key words: normalization, modularization, technology, specialization, production

Konkurencyjność organizacji

Wzrastające tempo rozwoju technicznego, gospodarczego i cywilizacyjnego w ostatnich kilkudziesięciu latach spowodowało dynamiczne i znaczące zmiany w procesach wytwórczych i sposobach funkcjonowania różnorodnych organizacji. Wzrost demograficzny oraz podmiotów gospodarczych spowodował nasilenie rywalizacji między nimi o pozyskiwanie klientów i ich zasobów. Z rywalizacji tej zwycięsko wychodzą te organizacje, które potrafią być bardziej konkurencyjne. Konkurencyjność jest jednym z podstawowych praw gospodarki rynkowej uzależniona od wielu czynników wewnętrznych (ekonomiczność, jakość, spełnienie wymagań klienta i in.) oraz zewnętrznych (otoczenie gospodarcze, dostępność zasobów, warunki finansowe i in.). W sposób bardzo uproszczony można stwierdzić, że konkurencyjność to zdolność organizacji do stabilnego funkcjonowania z ewentualną możliwością rozwoju. Kluczowym elementem w konkurencji jest umiejętność pozyskiwania i utrzymywania klientów za pomocą atrakcyjnych wyrobów (pojęcie wyrób obejmuje m.in. wyroby materialne, niematerialne, materiały przetworzone i usługi) o atrybutach zadowalających klientów (wysoka jakość, niski koszt, bezpieczeństwo, łatwy sposób pozyskania i in.) [7]. Spełnianie tych wymagań zmusza producentów do stałego, intensywnego wysiłku na rzecz wszechstronnego doskonalenia swojej działalności i oferowanych wyrobów. Niektóre z tych działań przedstawiono na rys. 1

Działania te ukierunkowane są na następujące aspekty:

- opracowanie i dostarczenie na rynek nowego lub ulepszanego wyrobu spełniającego oczekiwania



Rys. 1. Ważniejsze metody i narzędzia sprzyjające budowaniu konkurencyjności

Fig. 1. Major methods and measures facilitating competitiveness creation

- konkretnych klientów co wymaga badań potrzeb klientów, wdrażania innowacji, redukcji kosztów działalności, polepszania bezpieczeństwa itp.[3],
- opracowywanie i wdrażanie nowych lub ulepszonych technologii wytwarzania typowych wyrobów, które umożliwią redukcję kosztów wytwarzania, polepszenie jakości systemu wytwórczego, eliminację braków i strat produkcyjnych, polepszenie warunków pracy itp.
- polepszenie całokształtu funkcjonowania całej organizacji umożliwiające polepszenie jej sytuacji finansowej, uwzględnienie potrzeb środowiskowych i społecznych, poprawę prestiżu, wartości rynkowej, których realizacja ułatwi wsparcie otoczenia.

Znaczenie normalizacji

We wszystkich powyższych działaniach pomocną metodą w uzyskiwaniu postępu lub sukcesów jest posługiwanie się narzędziami, metodami i produktami normalizacji, która pod pewnymi względami może być utożsamiana z modularyzacją. Metody te są powszechnie wykorzystywane w projektowaniu różnych systemów fizycznych, następnie ich matematycznym modelowaniu i na tej podstawie tworzone są odpowiednie systemy informatyczne wspomagające różne działania, sterujące poszczególnymi procesami, wykorzystywanymi w projektowaniu, planowaniu, nadzorowaniu, zarządzaniu i optymalizowaniu wyników działań [5].

Normalizacja obejmuje praktycznie wszystkie obszary aktywności gospodarczej społeczeństwa, co w przybliżeniu uwidoczniono na rys. 2, i dostarcza potrzebnych produktów (dokumentów normalizacyjnych do dobrowolnego stosowania, a w przypadku standaryzacji - stosowania obowiązkowego).



Rys. 2. Podstawowe cele działalności normalizacyjnej krajowych i międzynarodowych organizacji normalizacyjnych
Fig. 2. The basic goal of the standardization activity of national and international standardization organizations

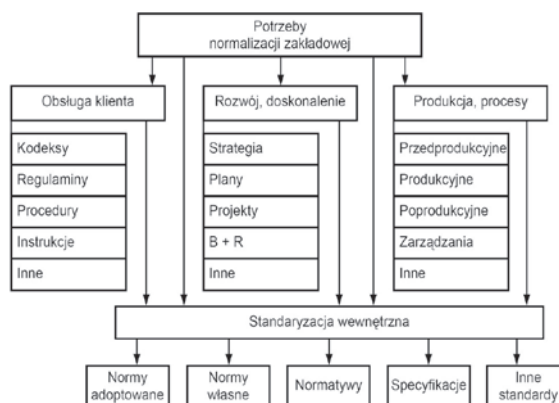
Dokumenty te są tworzone na etapie dojrzałych lub bliskich dojrzałości wyrobów i dziedzin aktywności producentów. Są to m.in. różnorodne dokumenty, przeznaczone do powszechnego i dobrowolnego stosowania, w treści których uwzględniono aktualny poziom rozwoju naukowo-technicznego oraz osiągnięcia praktyki. Umożliwiają one łatwe pozyskiwanie potrzebnej wiedzy o racjonalnym postępowaniu, umożliwiającym unikanie błędów i mankamentów pogarszających konkurencyjność. Przykładami takich opracowań dokumentacji są m.in. [4]:

- opracowania terminologiczne, umożliwiające jednoznaczne rozumienie różnych pojęć i wzajemne porozumienia dostawców, odbiorców, pośredników, serwisantów, użytkowników i inne.
- wskazywanie preferowanych liczb, ich szeregów arytmetycznych i geometrycznych, preferowanych pasowań, klas dokładności, szacowania chropowatości i inne umożliwiające ograniczanie różnorodności oraz ekonomiczniejsze wykorzystywanie zasobów,
- zalecenie maksymalnego wykorzystywania symplifikacji polegającej na ograniczaniu liczby stosowanych

- materiałów, odmian asortymentowych półfabrykatów, elementów handlowych, tworzonych powierzchni itp. dzięki czemu ułatwiane jest wykonawstwo poszczególnych elementów (ograniczanie ich różnorodności),
- zalecenie możliwie szerokiego stosowania tzw. unifikacji polegającej na racjonalnym zawężeniu różnorodności elementów składowych wyrobów (części, zespoły, mechanizmy i in.) do poziomu optymalnej niezbędności. Umożliwia to konfigurowanie, z ograniczonej liczby elementów składowych, dużej liczby odmian produktów końcowych (metoda ma wiele wspólnego z modularyzacją),
- zalecenie posługiwania się tzw. typizacją polegającą na opracowywaniu tzw. typowych rozwiązań (konstrukcyjnych, technologicznych i in.) celem ich standaryzacji i zastępowania istniejącej lub zamierzonej różnorodności rozwiązaniami typowymi,
- stosowanie modularyzacji jako ogólnej metody normalizacyjnej, polegającej na projektowaniu i wytwarzaniu autonomicznych, zunifikowanych elementów składowych maszyn, urządzeń, przyrządów, narzędzi lub innych wyrobów. Elementy te tzw. moduły stanowią zintegrowane zespoły lub mechanizmy z interfejsami mechanicznymi, elektrycznymi lub programowymi, umożliwiającymi ich łączenie w różne konfiguracje i wielokrotne wykorzystywanie.

Standaryzacja w organizacji

Na podstawie dokumentów normalizacyjnych opracowywane są przez organizację jej wewnętrzne standardy (w tym m.in. normy zakładowe) obowiązkowe do stosowania w organizacji i regulujące jej funkcjonowanie w sposób stabilny, umożliwiające unikanie błędów, sprzyjające rozwojowi i dotyczące praktycznie wszystkich aspektów funkcjonowania organizacji. Potrzeby tych działań standaryzacyjnych w przybliżeniu uwidoczniono na rys. 3.



Rys. 3. Ogólny schemat standaryzacji w przedsiębiorstwie
Fig. 3. General scheme of standardization in the company

Jednym ze skutecznych sposobów umożliwiających doskonalenie konkurencyjności organizacji jest systemowe podejście, z wykorzystaniem normalizacji i modularyzacji do zapewnienia ulepszeń systemu wytwórczego

składającego się z takich ogniw, jak: wyroby – procesy ich wytwarzania – całokształt systemu technologicznego wytwarzania – organizacja systemu wytwórczego. W każdym z tych ogniw możliwe jest wykorzystanie zasad i produktów normalizacji, tzn: [2]:

- a) Wyrób może być traktowany jako system składający się z poszczególnych części, które składają się z modułów poszczególnych powierzchni i sposobów ich łączenia, typowych brył geometrycznych i zasad ich łączenia lub rozdzielania. Z kolei części są łączone za pomocą typowych połączeń montażowych w podzespoły, zespoły lub mechanizmy o określonym stopniu zunifikowania do postaci modułów z odpowiednimi interfejsami.
- b) Kolejnym ogniwem jest proces technologiczny wytwarzania rozpatrywanego elementu wyrobu, na który składają się procesy wykonania półfabrykatów, ich obróbki i kontroli zróżnicowanych na operacje, zabiegi i przejścia, których realizacja powinna być zaprojektowana i dostosowana do typowych elementów geometrycznych wyrobu – wówczas można je nazwać elementarnymi modułami technologicznymi. W tym celu tworzone są organizacyjne standardy w postaci: rysunków części i półfabrykatów z podaniem warunków technicznych, instrukcje zabiegów i operacji, schematy narzędziowe i parametry procesów. W większości tych dokumentów możliwe jest wykorzystanie znormalizowanych lub typowych elementów i parametrów tworząc typowe, modułowe procesy technologiczne sprzężone z modułami wyrobu.
- c) Kolejnym hierarchicznym ogniwem są technologiczne systemy realizacji wymienionych wcześniej procesów technologicznych w postaci zunifikowanych lub typowych urządzeń technologicznych (obrabiarki, systemy wykonania półfabrykatów, maszyny montażowe, narzędzia, przyrządy, sprzęt kontrolno-pomiarowy i serwisowy i in. Jeśli ich struktura będzie dostosowana do wytwarzanych jednostek montażowych i operacji ich wykonywania oraz przewidywanej skali produkcji to tworzyć one będą określone moduły systemu technologicznego (ewentualnie produkcyjnego)
- d) Jeszcze wyższym elementem procesu produkcyjnego jest ogniwo – system organizacji produkcji w postaci gniazd, oddziałów, działów, wydziałów obejmujących poszczególne systemy technologiczne. Mogą w nim być stosowane typowe formy organizacji produkcji, racjonalne sposoby grupowania lub szeregowania urządzeń technologicznych, konieczne środki transportowe, magazynowe, kontrolne itp. Przygotowując je kierujemy się koniecznością minimalizacji nakładów czasowych, energetycznych i finansowych na realizację produkcji, dążąc jednocześnie do szerokiego wykorzystania elementów handlowych, typowych, zunifikowanych lub podobnych kompatybilnych do posiadanych

w systemie technologicznym oraz do asortymentu wytwarzanych wyrobów i ich skali produkcji.

Współzależność modularyzacji i specjalizacji

W celu poprawy konkurencyjności organizacji metodami technologiczno-organizacyjnymi konieczna jest realizacja dwojakiego rodzaju zadań, tzn. [8, 1]:

- zapewnienie wzajemnej kompatybilności modułów konstrukcyjnych wytwarzanego wyrobu (powierzchnie, struktury, połączenia) z technologicznymi modułami procesu ich wytwarzania oraz z modułami systemu technologicznego,
- dostosowanie systemu produkcji do opracowanych wcześniej systemów technologicznych oraz przewidywanego asortymentu wyrobów i skali ich produkcji w ten sposób, aby koszty działalności organizacji w odniesieniu do poszczególnych wyrobów były minimalne przy jednoczesnym spełnieniu wymagań jakościowych.

Realizacja powyższych zadań wiąże się z koniecznością określonego poziomu specjalizacji organizacji, która polega na przyjęciu określonej specjalizacji poszczególnych urządzeń technologicznych oraz racjonalnego rozplanowania ich obciążeń procesami wytwórczymi. Przeważnie stosowane są specjalizacje przedmiotowe SP (tworzenie systemu produkcyjnego do wytwarzania grupy przedmiotów podobnych pod względem konstrukcyjnym, np. koła zębate, reduktory, pompy, itp.) oraz specjalizacje technologiczne ST (systemy ukierunkowane na realizację określonej technologii np. obróbka skrawaniem, spawanie, klejenie itp.). W konkretnych sytuacjach wytwórczych ekonomicznym rozwiązaniem może okazać się tylko SP lub tylko ST względnie zastosowanie określonych udziałów SP i ST, przy których koszty działalności organizacji okażą się minimalne. Przeważnie SP jest preferowane w produkcji mało asortymentowej zaś ST w produkcji wieloasortymentowej.

Aktualnie w systemach produkcyjnych zachodzą różnorodne zmiany powodowane takimi czynnikami, jak:

- skracaniem cykli życia rynkowego wyrobów co powoduje wzrost częstotliwości zmian obiektów produkcji,
- zachodzi konieczność indywidualizacji wariantów wyrobów celem spełnienia wymagań zróżnicowanych grup klientów co wpływa na zmniejszanie skali produkcji poszczególnych asortymentów i wzrost ich ilości,
- przy wzroście asortymentu wytwarzanych wyrobów i zmniejszeniu skali ich produkcji bardziej racjonalnymi stają się specjalizacje technologiczne,
- tradycyjne stosowanie ST nie stwarza możliwości znaczącej poprawy efektywności produkcji w zaistniałej aktualnie sytuacji.

Aby zwiększyć efektywność ST konieczny jest znaczący wzrost elastyczności specjalizacji technologicznej poprzez zastosowanie elastycznych, programowalnych i łatwo przezbrajanych urządzeń technologicznych dostosowanych do istniejących procesów technologicznych i tworzących elastyczny system specjalizacji technologicznej – EST [6].

EST umożliwiają łatwą realizację technologii typowych i grupowych oraz charakteryzują się możliwością łatwego przestawienia na SP lub ST w zależności od konkretnych sytuacji produkcyjnych i potrzeb rynkowych.

Utworzenie odpowiedniej i efektywnej EST będzie ułatwione jeśli przy projektowaniu procesu produkcyjnego zostaną wykorzystane zasady modularyzacji technologii. W takiej sytuacji stanowiska robocze są przystosowane (specjalizowane) do realizacji kilku modułów powierzchni części z pomocą odpowiedniego modułu procesu obróbkowego, a przy montażu stanowiska są specjalizowane do wykonania technologicznych modułów połączeń w modułach systemu technologicznego, który powinien zawierać moduły technologiczne przeznaczone do obróbki wszystkich oczekiwanych powierzchni w realizowanym asortymencie wyrobów i wszystkie moduły realizujące oczekiwane połączenia montażowe w tym asortymencie. Poszczególne urządzenia technologiczne mogą być przystosowane do realizacji obróbki kilku powierzchni lub kilku rodzajów połączeń co umożliwia ograniczenie ilości tych urządzeń. Wykorzystanie typizacji technologii i technologii grupowej umożliwia zrealizowanie potokowej organizacji produkcji. Zrealizowanie takiego scenariusza umożliwia różnicowanie procesów wytwarzania na specjalnych urządzeniach technologicznych pod warunkiem ograniczenia asortymentu obrabianych powierzchni i wykonywanych połączeń. W takiej sytuacji można uzyskać wysoką powtarzalność jednorodnych operacji na poszczególnych stanowiskach a tym samym znacząco zwiększyć ekonomiczną efektywność.

Podsumowanie

1. Czynnikiem znacząco polepszającym konkurencyjność jest szerokie stosowanie metod i dokumentów normalizacyjnych.
2. Skuteczność korzystnego wpływu normalizacji na konkurencyjność organizacji wzrasta jeśli dokonano kompatybilnej modularyzacji wyrobu, jego technologii, systemu technologicznego i organizacji pracy.
3. W aktualnej sytuacji rozwoju wyrobów i technologii szczególnie użyteczną staje się elastyczna specjalizacja technologiczna.

LITERATURA

- [1] Andreason M.M. And Rother. 1988. "Design for Assembly". IFS Publikations, UK Springer-Verlag, Berlin-New York-Tokyo.
- [2] Bazrow B.M. 2001. "Modulnaja technologia w maszynostrojenii". Moskwa, Maszynostrojenije.
- [3] Love P. 1999. „Zarządzanie technologią”. Katowice: Śląsk, Katowice.
- [4] Łunarski J. 2014. „Normalizacja i standaryzacja”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [5] Łunarski J.: 2014. „Projektowanie procesów – technicznych, produkcyjnych i gospodarczych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [6] Łunarski J., W. Szabajkowicz. 1993. „Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn”. Warszawa: WNT.
- [7] Porter M.E. 2001. „Porter o konkurencji”. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [8] Slatina F. i in.: 1990. „Montaż v strojarkych a elektrotechnických wyrobach”. Bratislava: Alfa.

prof. dr hab. inż. Jerzy Łunarski, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, 02-673 Warszawa ul. Racjonalizacji 6/8, e-mail: jlkmiop@prz.edu.pl

ANALIZA STATYSTYCZNA BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE POŁĄCZEŃ CZOPOWYCH WALCOWYCH

Statistical analysis of shear strength tests adhesively bonded cylindrical joints

Władysław ZIELECKI, Przemysław BIELENDĄ

Streszczenie: W artykule opisano wpływ wybranych czynników konstrukcyjnych takich jak długość złącza, grubość warstwy kleju, wielkości fazy w otworze tulei oraz chropowatość powierzchni na wytrzymałość na ścinanie klejowych połączeń czopowych walcowych. Do przeprowadzenia niezbędnych obliczeń w pracy użyto programu Minitab.

Słowa kluczowe: połączenia klejowe, połączenia czopowo-walcowe, wytrzymałość, czynniki konstrukcyjne

Abstract: The article describes the influence of selected structural factors such as joint length, thickness of the adhesive layer, the size of the phase in the bushing opening and the surface roughness on the shear strength of adhesively bonded cylindrical joints. The Minitab program was used to carry out the necessary analyses.

Key words: adhesively bonded cylindrical joints, shear strength

Wprowadzenie

Od lat znaną i coraz powszechniej stosowaną metodą łączenia materiałów jest klejenie. Opracowanie w latach 40. ub.w. klejów do metali, a następnie w latach 70. tzw. klejów wzmocnionych, spowodowało rozwój klejenia konstrukcyjnego. Aktualnie technologia klejenia odgrywa bardzo dużą rolę w rozwoju nowoczesnych konstrukcji. W wielu przypadkach jest ona alternatywą dla stosowanych do tej pory metod łączenia, uszczelniania czy regeneracji części maszyn. Poza tym klejenie stwarza nowe możliwości w zakresie łączenia materiałów, które pozwalają na zmniejszenie wymiarów łączonych części na skutek uproszczenia ich konstrukcji. Istotne jest to zwłaszcza w przemyśle lotniczym i kosmicznym. Takie różnorodne możliwości zastosowania klejenia skutkuje potrzebą poszukiwania optymalnych warunków sterowania tym procesem oraz identyfikowania czynników, które w istotny sposób warunkują wytrzymałość połączeń klejowych [1, 2].

Połączenia klejowe

Klejenie polega na wprowadzeniu pomiędzy powierzchnie łączonych części cienkiej warstwy kleju (ok. 0,1 mm), który wiąże złącze siłami adhezji (przyczepność kleju do powierzchni łączonych elementów) i kohezji (wewnętrzna wytrzymałość utwardzonego kleju) [9]. Jest to nowoczesna technologia łączenia części maszyn, której rozwój wiąże się w głównej mierze z produkcją klejów o lepszych właściwościach, a także z postępem badań dotyczących wyznaczania właściwości klejów i połączeń klejowych [8].

Definicja kleju, pochodząca z normy PN-EN 923:2008 Kleje – Terminy i definicje [5], określa go jako substancję niemetaliczną, umożliwiającą łączenie materiałów

przez połączenie ich powierzchni, przy czym uzyskane w ten sposób połączenie ma odpowiednią wytrzymałość wewnętrzną. Obecnie na rynku występuje wiele rodzajów klejów, które można stosować do klejenia określonego rodzaju materiału. Dlatego wybór odpowiedniego gatunku kleju jest istotnym etapem w technologii klejenia. Przy doborze kleju do konkretnego przypadku należy wziąć pod uwagę m. in. [7]:

- rodzaj klejonego materiału,
- przesłanki ekonomiczne,
- parametry przewidywanego połączenia m. in. konstrukcję i wytrzymałość połączenia klejowego, temperaturę, środowisko,
- postać kleju,
- mechanizm wiązania spoiny,
- ilość składników (jednoskładnikowe czy wieloskładnikowe),
- wymagany sposób przygotowania kleju,
- odporność chemiczna spoiny klejowej.

Połączenia klejowe są węzłami konstrukcyjnymi, w których za pomocą spoiny klejowej połączone są minimum dwa proste elementy konstrukcyjne (tarcze, płyty, powłoki, pręty, belki) [11]. Szczegółowe poznanie problematyki klejenia i połączeń klejowych, ze zwróceniem uwagi na ich zalety oraz wady, pozwala na projektowanie funkcjonalnych złączy przy względnie małych nakładach finansowych.

Poprawnie zaprojektowane i wykonane połączenia klejowe wykazują dużo zalet. W wielu przypadkach technika ta oferuje złącza o właściwościach znacznie przewyższających możliwości konwencjonalnych technologii. Zastosowanie jej zmniejsza do minimum naprężenia i odkształcenia w połączeniach, a także je uszczelnia oraz chroni przed wnikaniem wilgoci i powstawaniem korozji. Istotną cechą klejenia i połączeń klejowych jest możliwość łączenia materiałów o bardzo

zróżnicowanych właściwościach, łatwość automatyzacji oraz eliminacja dodatkowych obróbek powierzchniowych [3].

Podstawowe wady klejenia i połączeń klejowych to przede wszystkim ograniczona odporność na działanie wysokich temperatur i mała wytrzymałość mechaniczna połączeń, zazwyczaj nie przekraczająca 35 MPa. Niektóre kleje są niezbyt odporne na działanie wody, chociaż zarazem mogą być odporne na działanie olejów i benzyny. Czas składowania klejów jest ograniczony, a dodatkowo wykazują one skłonność do żelowania, rozwarstwiania i sedimentacji.

Jak wynika z analizy literatury, autorzy wielokrotnie próbowali dokonać syntezy porównawczej podstawowych technik łączenia. W wielu przypadkach klejenie i połączenia klejowe wykazują przewagę zalet, w porównaniu z lutowaniem, zgrzewaniem, spawaniem czy łączeniem mechanicznym. Nie oznacza to jednak, że klejenie jest je w stanie zastąpić. Dlatego przy wyborze klejenia, jako metody łączenia, należy dla wybranego połączenia wziąć pod uwagę jego wady i zalety, a później zaplanować technologię klejenia zależną od założeń pracy połączenia, rodzaju kleju, a także innych czynników.

Połączenia czopowe walcowe

Powszechnie w konstrukcji maszyn stosuje się połączenia czopowe walcowe. Do najczęściej stosowanych typów tego rodzaju połączeń należą połączenia: skurczowe, wyciskane, wpustowe oraz wielowypustowe, które cechują się wysokimi kosztami wykonania, natomiast rzadziej używane są połączenia klejowe, które charakteryzują się niskimi kosztami wytwarzania. Istotnym ograniczeniem w zastosowaniu połączeń klejowych czopowych walcowych jest brak wytycznych do obliczania ich wytrzymałości statycznej, a także zmęczeniowej. Opracowanie sprecyzowanych wytycznych do projektowania połączeń czopowych walcowych pochłania dużo pracy, przede wszystkim ze względu na ich właściwości wytrzymałościowe, które uzależnione są od dużej ilości czynników technologicznych oraz konstrukcyjnych [13].

Analiza literatury pozwalają stwierdzić, że na wytrzymałość połączeń klejowych ma wpływ wiele czynników konstrukcyjnych takich, jak [12]:

- chropowatość powierzchni łączonych części,
- wymiary geometryczne złącza (długości złącza, średnicy czopa, grubości spoiny klejowej),
- sztywność elementów łączonych w strefie przykrawędziowej złącza [4, 10],
- dokładność wykonania złącza.

W dużym stopniu wytrzymałość połączeń klejowych czopowych walcowych zależy od ich konstrukcji. Dlatego podczas projektowania tych łączeń należy przede wszystkim unikać rozwiązań konstrukcyjnych, które zmniejszają ich wytrzymałość oraz wykorzystywać rozwiązania umożliwiające wzrost nośności dynamicznej i statycznej połączeń [12].

W Polsce dla klejowych połączeń czopowych nie opracowano normatywnych metod badania ich własności zmęczeniowych oraz wytrzymałościowych statycznej. W przypadku badań wytrzymałości statycznej połączeń klejowych czopowych walcowych wykorzystuje się maszyny wytrzymałościowe [6].

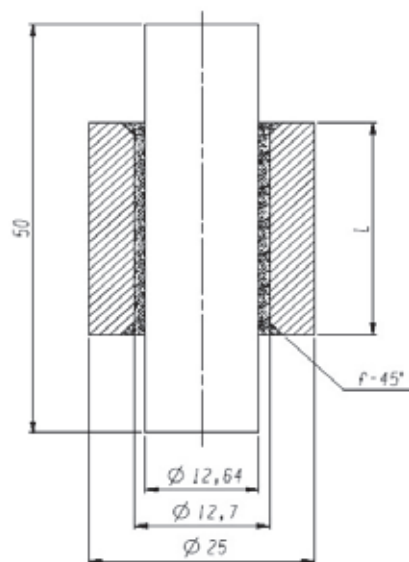
Metodyka badań

Celem artykułu jest ocena istotności wpływu wybranych czynników konstrukcyjnych takich jak: długość złącza L , grubość warstwy kleju g , wielkości fazy f w otworze tulei oraz chropowatość powierzchni R_a na wytrzymałość na ścinanie klejowych połączeń czopowych walcowych.

Badaniom zostały poddane połączenia czopowe walcowe wytworzone ze stali normalizowanej C45 sklejone za pomocą kompozycji klejowej Epidian 5 w połączeniu z utwardzaczem PAC (proporcja 80 cz. w. utwardzacza na 100 cz. w. żywicy) i utwardzane w temperaturze pokojowej. Całe badanie zostało zrealizowane w dwóch eksperymentach, podczas których zmieniały się wymiary wykorzystanych próbek.

Kształt oraz wymiary próbek użytych w doświadczeniu pierwszym przedstawia rys. 1. Dla tego etapu badania czynnikami zmiennymi były:

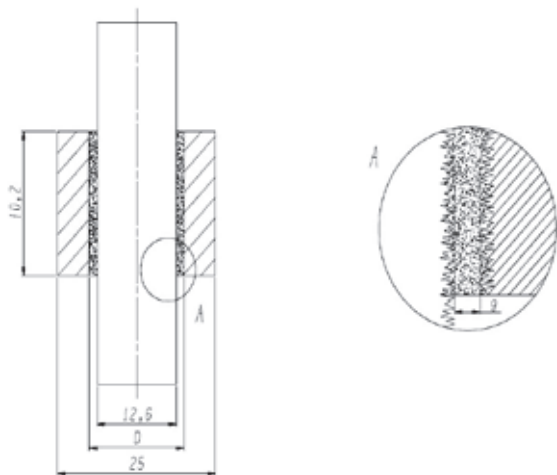
- długość tulejki L ($L = 10 - 16$ mm),
- wielkość fazy f w otworze tulei ($f = 0,0 - 3,0$ mm),
- natomiast czynnikami stałymi:
- grubość spoiny g ($g = 0,03$ mm),
- chropowatość powierzchni R_a ($R_a = 4,75$ μ m).



Rys. 1. Kształt oraz wymiary klejowych połączeń czopowych walcowych wykorzystanych w pierwszej części badań
Fig. 1. Shape and dimensions of adhesively bonded cylindrical joints used in the first part of the research

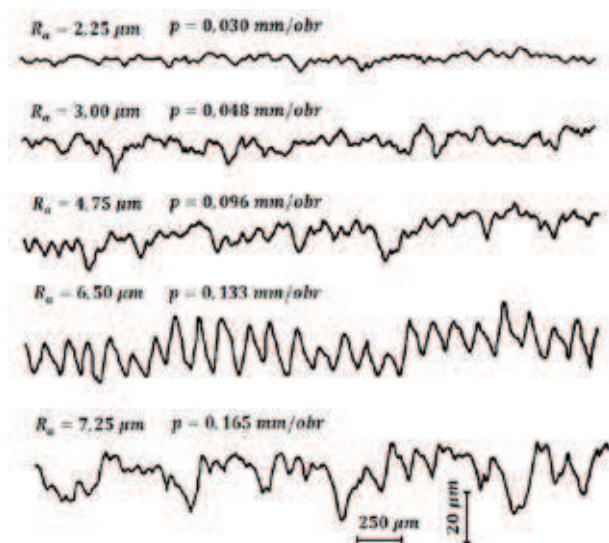
Natomiast wymiary oraz kształt pozostałych próbek wykorzystanych w drugim doświadczeniu przedstawia rys. 2. W tym przypadku czynnikami zmiennymi były:

- grubość warstwy kleju g ($g = 0,04 - 0,26$ mm),
- hropowatość powierzchni R_a ($R_a = 2,25 - 7,25$ μm),
- natomiast na stałym poziomie:
- długość tulejki L ($L = 10,2$ mm),
- brak fazy f w otworze tulejki.



Rys. 2. Kształt oraz wymiary klejowych połączeń czopowych walcowych wykorzystanych w drugiej części badań
Fig. 2. Shape and dimensions of adhesively bonded cylindrical joints used in the second part of the research

Profilogramy powierzchni czopów połączeń czopowych walcowych wykorzystanych w drugiej części doświadczenia przedstawia rys. 3. Powierzchnie tą ukształtowano w procesie toczenia wykonywanym z prędkością obrotową $n = 500$ obr/min przy głębokości skrawania $g_{sk} = 0,2$ mm.



Rys. 3. Profilogramy powierzchni czopów klejowych połączeń czopowych walcowych wykorzystanych w drugiej części badania
Fig. 3. Profilograms of the surface of the spigots of adhesively bonded cylindrical joints used in the second part of the study

Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie badanych próbek przedstawiono w tab. 1.

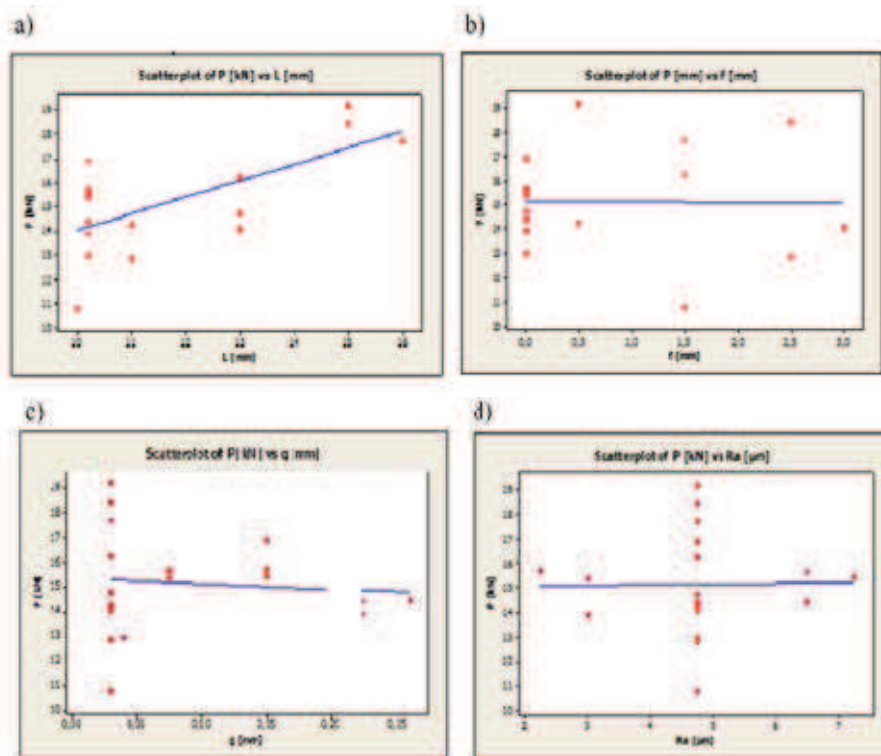
Tabela 1. Wytrzymałości na ścinanie badanych wariantów konstrukcyjnych połączeń klejowych czopowych walcowych
Table 1. Shear strengths of the tested construction variants of adhesively bonded cylindrical joints

Lp.	L [mm]	f [mm]	g [mm]	Ra [μm]	P [kN]	S2
1.	11,0	0,5	0,03	4,75	14,24	1,946
2.	10,2	0	0,075	3,0	15,34	1,356
3.	15,0	0,5	0,03	4,75	19,18	2,7
4.	10,2	0	0,225	3,0	13,9	1,389
5.	11,0	2,5	0,03	4,75	12,8	1,393
6.	10,2	0	0,075	6,5	15,64	2,211
7.	15,0	2,5	0,03	4,75	18,4	4,231
8.	10,2	0	0,225	6,5	14,36	1,997
9.	16,0	1,5	0,03	4,75	17,68	0,923
10.	10,2	0	0,26	4,75	14,42	1,101
11.	10,0	1,5	0,03	4,75	10,78	1,188
12.	10,2	0	0,04	4,75	12,96	0,713
13.	13,0	3,0	0,03	4,75	14,06	1,396
14.	10,2	0	0,15	7,25	15,40	1,002
15.	13,0	0	0,03	4,75	14,72	2,309
16.	10,2	0	0,15	2,25	15,66	2,993
17.	13,0	1,5	0,03	4,75	16,22	1,853
18.	10,2	0	0,15	4,75	16,86	1,664

Wyniki badań

Przed przeprowadzeniem analizy statystycznej przy użyciu programu Minitab zostały utworzone wykresy rozproszenia (scatterplot) z linią regresji (with regression), które przedstawiają relację pomiędzy siłą niszcząca P a czynnikami konstrukcyjnymi badanych klejowych połączeń czopowych walcowych (rys. 4).

Analiza wykresów rozproszenia wskazuje, że zarówno długość złącza L jak i grubość warstwy kleju g mają wpływ na wytrzymałość na ścinanie badanego połączenia klejowego czopowego walcowego. Natomiast faza f w strefie przykrawędziowej oraz chropowatość powierzchni R_a nie wpływają w istotny sposób na nośność badanych połączeń. Analiza wizualna nie powinna być jednak przyjmowana jako ocena ostateczna i niezaprzeczalna, wymaga ona weryfikacji statystycznej.



Rys. 4. Wykresy rozproszenia (scatterplot) z linią regresji (with regression) przedstawiają relacje pomiędzy siłą niszczącą P, a poszczególnymi parametrami konstrukcyjnymi
 Fig. 4. Scatterplots with the regression line show relations between the destructive force P and the individual construction parameters

Analizę statystyczną uzyskanych wyników badań przeprowadzono stosując analizę wariancji, prostą regresję liniową, regresję wieloraką oraz test istotności F (Snedecora). Wyznaczony model regresji prostej (tab. 2) obrazujący zależność siły niszczącej P od długości złącza L należy uznać za istotny statystycznie ponieważ poziom prawdopodobieństwa jest równy $P_v = 0,003$ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Modele regresji prostej przedstawiające zależność siły niszczącej P od fazy f w strefie przykrawędziowej, grubości warstwy kleju g oraz chropowatość powierzchni Ra są nieistotny statystycznie

ponieważ poziom prawdopodobieństwa jest równy $P_v > 0,05$. Oceniono również jaki wpływ na zmienną objaśnianą mają wszystkie zmienne objaśniające równocześnie. W tym celu za pomocą modułu „Regression” programu Minitab wyznaczono model regresji wielorakiej (tab. 2) pozwalający ocenić związek zmiennej objaśnianej P z całym zbiorem zmiennych objaśniających L, f, g, Ra. Otrzymany model regresji wielorakiej należy uznać za istotny statystycznie ponieważ poziom prawdopodobieństwa jest równy $P_v = 0,006$ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Tabela 2. Wyniki analizy regresji nośności P połączeń klejowych od zmiennych niezależnych (długości złącza L, fazy f w strefie przykrawędziowej, grubości warstwy kleju g, chropowatości powierzchni Ra)
 Table 2. Results of regression analysis of the load-bearing capacity P of glue joints from independent variables (length of the L joint, phase f in the near-edge zone, thickness of the glue layer g, surface roughness Ra)

Zależność nośności P od zmiennej niezależnej	Otrzymane równanie regresji	P_v
L	$P = 7,32 - 0,675 L$	0,003
f	$P = 15,2 - 0,03 f$	0,952
g	$P = 15,4 + 2,29 g$	0,722
Ra	$P = 15,0 + 0,027 Ra$	0,949
L, f, g, Ra	$P = 3,29 + 1,02 L - 0,824 f + 5,56 g + 0,027 Ra$	0,006

Tabela 3. Obliczenia wariancji do oceny adekwatności modelu regresji wielorakiej
 Table 3. Calculations of variance to assess the adequacy of the multiple regression model

Lp.	L [mm]	f [mm]	g [mm]	Ra [μm]	Wielkość średnia \bar{y}_u	Wielkość z modelu \hat{y}_u	$(\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2$	σ_u^2
1	11,0	0,5	0,030	4,75	14,24	14,393	0,023	1,946
2	10,2	0,0	0,075	3,00	15,34	14,192	1,318	1,356
3	15,0	0,5	0,030	4,75	19,18	18,473	0,500	2,700
4	10,2	0,0	0,225	3,00	13,90	15,026	1,268	1,389
5	11,0	2,5	0,030	4,75	12,80	12,745	0,003	1,393
6	10,2	0,0	0,075	6,50	15,64	14,287	1,832	2,211
7	15,0	2,5	0,030	4,75	18,40	16,825	2,480	4,231
8	10,2	0,0	0,225	6,50	14,36	15,121	0,578	1,997
9	16,0	1,5	0,030	4,75	17,68	18,669	0,978	0,923
10	10,2	0,0	0,260	4,75	14,42	15,268	0,719	1,101
11	10,0	1,5	0,030	4,75	10,78	12,549	3,130	1,188
12	10,2	0,0	0,040	4,75	12,96	14,045	1,176	0,713
13	13,0	3,0	0,030	4,75	14,06	14,373	0,098	1,396
14	10,2	0,0	0,150	7,25	15,40	14,724	0,457	1,002
15	13,0	0,0	0,030	4,75	14,72	16,845	4,516	2,309
16	10,2	0,0	0,150	2,25	15,66	14,589	1,148	2,993
17	13,0	1,5	0,030	4,75	16,22	15,609	0,373	1,853
18	10,2	0,0	0,150	4,75	16,86	14,656	4,857	1,664
						SUMA	25,454	32,365

Otrzymany model regresji wielorakiej:
 $P = 3,29 + 1,02 L - 0,824 f + 5,56 g + 0,027 Ra$
 poddano ocenie adekwatności za pomocą testu F (Snedecora).

Przyjęto hipotezy:

- $H_0 = \sigma_a^2 = \sigma^2$ (model jest adekwatny).
- $H_1 = \sigma_a^2 > \sigma^2$ (model nie jest adekwatny).

Dane do obliczeń:

$$n = 18,$$

$$r = 3,$$

$$N_b = 4,$$

$$f_1 = 18 * (3 - 1) = 36,$$

$$f_2 = 18 - 4 = 14.$$

Na podstawie zgromadzonych danych obliczono:

1. wariancję błędów aproksymacji:

$$\sigma_a^2 = \frac{3}{14} * 25,454 = \frac{76,362}{14} = 5,454$$

2. wariancję wyników pomiarów:

$$\sigma^2 = \frac{2}{36} * 32,365 = \frac{32,365}{18} = 1,798$$

3. wariancję funkcji testowej:

$$F = \frac{5,454}{1,798} = 3,0333$$

Wobec niespełnienia warunku $F \leq F_{\alpha, f_2, f_1}$ na każdym z poziomów ufności odrzucamy hipotezę zerową i przyjmujemy, że model obiektu jest nieadekwatny.

Podsumowanie

Głównym celem opisanych badań w artykule było pokazanie wpływu czynników konstrukcyjnych takich jak: długość złącza L, grubość warstwy kleju g, wielkości fazy f w otworze tulei oraz chropowatość powierzchni Ra na wytrzymałość na ścinanie klejowych połączeń czopowych walcowych.

Wyniki wstępne badań, czyli analiza wizualna danych i analiza wariancji oraz zbudowany model regresji liniowej i regresji wielorakiej wskazały, że statystycznie istotny wpływ na wartość siły niszczącej P badanego połączenia czopowego walcowego wykonanego z normalizowanej stali 45 sklejonego Epidianem 5 + PAC wykazuje tylko długość tulei L. Jednoznacznie wskazała na to wartość poziomu prawdopodobieństwa P_v , która wyniosła $P_v = 0,003$ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Ocena adekwatności modelu regresji wielorakiej przedstawiające zależność siły niszczącej P od długości złącza L, fazy f w strefie przykrawędziowej, grubość

warstwy kleju g oraz chropowatość powierzchni Ra, przeprowadzona z wykorzystaniem statystycznego testu istotności F (Snedecora), wykazała że badany model jest nieadekwatny.

LITERATURA

- [1] Domińczuk J. 2011. „Wpływ wybranych czynników konstrukcyjnych i technologicznych na wytrzymałość połączeń klejowych.” Postępy Nauki i Techniki (10): 14 – 26.
- [2] Godzimirski J., A. Komorek. 2008. „Trwałość zmęczeniowa połączeń klejowych”. Przegląd Spawalnictwa (8): 38.
- [3] Mirski Z., T. Piwowarczyk. 2008. „Podstawy klejenia, kleje i ich właściwości”. Przegląd Spawalnictwa (8): 12.
- [4] O'Reilly C. 1990. “Designing Bonded Cylindrical Joints for Automotive Applications”. Journal of Materials and Manufacturing Vol. 99, Section 5: 839-848.
- [5] PN-EN 923:2006E - Kleje - Terminy i definicje.
- [6] „Podstawy konstrukcji maszyn” T.2, pod red. Dietrich M. 1999. Warszawa: WNT.
- [7] Rudawska A. 2005. „Dobór rodzaju kleju w aspekcie wytrzymałości klejowych blach ocynkowanych”. Technologia i Automatykacja Montażu (1): 28.
- [8] Rutkowski A. 1986. „Części maszyn”. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [9] Sempruch J., T. Piątkowski. 2006. „Podstawy konstrukcji maszyn z CAD: połączenia i elementy podatne”. Piła: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa.
- [10] Walame M. V., B.B. Ahuja. 2013. “Profile modification of adhesively bonded cylindrical joint for maximum torque transmission capability”. International Journal of Modern Engineering Research Vol. 3, Issue. 4: 1900-1905.
- [11] „Węzły i połączenia konstrukcyjne. Projektowanie metodą nośności granicznej” pod red. Frąckiewicz H. 1985. Warszawa: WNT.
- [12] Zielecki W. 2005. „Konstruowanie klejowych połączeń czopowych walcowych”. Technologia i Automatykacja Montażu (1): 32-35.
- [13] Zielecki W. 2003. „Stanowiska do badań zmęczeniowych klejowych połączeń czopowych walcowych”. Technologia i Automatykacja Montażu (4): 19 – 20.

dr hab. inż. Władysław Zielecki prof. PRz - Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: wzktmiop@prz.edu.pl

mgr inż. Przemysław Bielenda – student studiów doktoranckich na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: pbielenda@prz.edu.pl

korozja kosztuje! *

*) straty korozyjne szacuje się na 3-6% PKB



Forum wymiany wiedzy
i doświadczeń na temat
ochrony materiałów
przed skutkami korozji

na życzenie wysyłamy bezpłatny
egzemplarz okazywy:
redakcja@ochronaprzekkorozja.pl

www.ochronaprzekkorozja.pl
www.sigma-not.pl

Z PRASY ZAGRANICZNEJ

Tytuły artykułów zamieszczonych w miesięczniku naukowo-technicznym „Sborka w maszynostrojenii i priborostroenii” (Wydawnictwo Maszynostrojenije, Moskwa, Rosja)

Sborka nr 1, 2018 (210)

- Samoorientowanie części z powierzchniami śrubowymi w trakcie zrobotyzowanego montażu
- Montaż i urządzenie pneumatycznego odbijaka
- Wyznaczanie dynamicznych właściwości magnetoaktywnych elastomerów i opracowanie tłumiących opór
- Matematyczne metody wspomaganie decyzji w systemach diagnostyki i sterowania w ruchomych urządzeniach ciągnikowych
- Plastyczne polimer-polimerowe kompozyty na osnowie super wysokomolekularnego polietyleny (SWMPE)
- Udoskonalone hamulce wagonu towarowego z tocznymi łożyskami rolkowymi
- Sposoby regulacji współczynnika tarcia w kontakcie koło-szyna
- Odporność na zużycie proszków spiekanych materiałów narzędziowych
- Metodyka zmian stanu drgań harmonicznym
- Programowe wspomaganie dla zautomatyzowanego projektowania cylindrów pneumatycznych SAPR KOMPAS-3D
- Wykaz artykułów opublikowanych w 2017 r.

Sborka nr 3, 2018 (212)

- Perspektywiczne informacyjne rozwiązania w zadaniach analizy i kontroli silników spalania wewnętrznego
- Statystyczne wyrównoważenie pływakowych elementów czujnikowych w przyrządach hydraulicznych
- Koncentracja naprężeń i deformacje w tribologicznych kompozytach z ciekłym smarem w mikrosferycznych kapsułkach
- Wpływ adhezyjnych oddziaływań na charakterystyki dyskretnego kontaktu technicznych powierzchni
- Ocena dopuszczalnej długości uzębienia koła zębatego zamkniętego agregatu przy zadanej odporności na zużycie
- Funkcjonalizacja proszkowych i włóknistych mikrowypełniaczy dla SWMPE przez obróbkę w poliorganosiloskanie
- Parametry katastroficznego zużycia
- Badania morfologicznych zmian nanostruktury trójskładowego pokrycia TiAlN
- Konieczne i wystarczające warunki niezawodnego mocowania zespołów przy montażu wyrobów w przyrządach z śrubowymi zaciskami

Sborka nr 2, 2018 (211)

- Wyznaczanie parametrów urządzenia i reżimów przemieszczeń obrotowej platformy dwuwrzecionowego wkrętaka śrub dwustronnych
- Minimalizacja zakresu pomiarów płaskich powierzchni części montażu
- Wpływ błędów części bazowej na błędy montażu wzdłużnych osiowe symetrycznych korpusów
- Procesy w strefie kontaktu systemów tribologicznych
- Badania wielowarstwowych powłok kompozytowych dla narzędzi skrawających
- Wichrowe strumienie w dyssypatywnych systemach
- Wciskanie roboczej wkładki narzędziowej jako sposób jej wzmocnienia w trakcie ciągnięcia drutów

ABSTRACTS:

1. Robot learning human stiffness regulation for hybrid manufacture

Authors: Chao Zeng, Chenguang Yang, Zhaopeng Chen, Shi-Lu Dai

This paper aims to develop an extended teaching by demonstration (TbD) system which can also enable learning stiffness regulation strategies from humans. TbD is a promising way for robot learning skills in human and robot collaborative hybrid manufacturing lines. Traditionally, TbD systems have only concentrated on how to enable robots to learn movement skills from humans.

The authors propose an extended dynamical motor primitives (DMP) framework to achieve this goal. In addition to the advantages of the traditional ones, the authors' framework can enable robots to simultaneously learn stiffness and the movement from human demonstrations. Additionally, Gaussian mixture model (GMM) is used to capture the features of movement and of stiffness from multiple demonstrations of the same skill. Human limb surface electromyography (sEMG) signals are estimated to obtain the reference stiffness profiles.

The authors have experimentally demonstrated the effectiveness of the proposed framework. It shows that the authors approach could allow the robot to execute tasks in a variable impedance control mode with the learned movement trajectories and stiffness profiles.

In robot skill acquisition, DMP is widely used to encode robotic behaviors. So far, however, these DMP modes do not provide the ability to properly represent and generalize stiffness profiles. The authors argue that both movement trajectories and stiffness profiles should be considered equally in robot skill learning. The authors' approach has great potential of applications in the future hybrid manufacturing lines.

2. Neurodynamics-based leader-follower formation tracking of multiple nonholonomic vehicles

Authors: Guo Yi, Jianxu Mao, Yaonan Wang, Hui Zhang, Zhiqiang Miao

The purpose of this paper is to consider the leader-following formation control problem for nonholonomic vehicles based on a novel biologically inspired neurodynamics approach.

The interactions among the networked multi-vehicle system is modeled by an undirected graph. First, a distributed estimation law is proposed for each follower vehicle to estimate the state including the position, orientation and linear velocity of the leader. Then, a distributed formation tracking control law is designed based on the estimated state of the leader, where a bio-inspired neural dynamic is introduced to solve the impractical velocity jumps problem. Explicit stability and convergence analyses are presented using Lyapunov tools.

The effectiveness and efficiency of the proposed control law are demonstrated by numerical simulations and physical vehicle experiments. Consequently, the proposed protocol can successfully achieve the desired formation under connected topologies while tracking the trajectory generated by the leader. This paper proposes a neurodynamics-based leader-follower formation tracking algorithm for multiple nonholonomic vehicles.

3. Fuzzy model predictive control for 2-DOF robotic arms

Authors: Weilin Yang, Wentao Zhang, Dezhi Xu, Wenxu Yan

This paper aims to propose a model-based control strategy of robotic arms.

Robotic arm control is challenging due to the intrinsic nonlinearity. Proportional-integral-derivative (PID) controllers prevail in many robotic arm applications. However, it is usually nontrivial to tune the parameters in a PID controller.

A Takagi-Sugeno (T-S) fuzzy model, which is capable of approximating nonlinear systems, is used to describe the dynamics of a robotic arm. Model predictive control (MPC) based on the T-S fuzzy model is considered, which optimizes system performance with respect to a user-defined cost function.

The control gains are optimized online according to the real-time system state. Furthermore, the proposed method takes into account the input constraints. Simulations demonstrate the effectiveness of the fuzzy MPC approach. It is shown that asymptotic stability is achieved for the closed-loop control system.

The T-S fuzzy model is discussed in the modeling of robotic arm dynamics. Fuzzy MPC is used for robotic arm

control, which can optimize the transient performance with respect to a user-defined criteria.

4. Design of the tip state estimator for hybrid-structured flexible manipulator based on SDFT and FLAKF

Authors: Teng Long, En Li, Junfeng Fan, Lei Yang, Zize Liang

This paper aims to design a tip state estimation method for a hybrid-structured flexible manipulator (HSFM) with one rotating joint and one telescopic joint in the vertical plane.

The HSFM model is decomposed into a static deflection model and a vibration model. The sliding discrete Fourier transform (SDFT) is used to filter the high frequency noise and obtain main vibration components to represent the vibration model. Then, a novel fuzzy logic adaptive Kalman filter (FLAKF) is designed to estimate the state of a vibrational equilibrium position. The complete tip state of the HSFM is obtained by superimposing the FLAKF filter results with the SDFT vibration analysis results.

Both the simulation results and physical experimental results verify the effectiveness of the proposed tip state estimation method. The vibration analysis based on SDFT is used to represent the vibration model and reduce the computational complexity in the process of solving differential equation. The proposed FLAKF can effectively increase the stability and robustness of the estimator.

In this paper, the tip state estimation problem of the HSFM in vertical plane is first proposed. The effect of gravity on the HSFM is considered by the static deflection model. A precise tip state estimator is designed by a closed loop SDFT and a novel FLAKF, which can provide an accurate feedback for the vibration control controller and make an accurate evaluation of the control effect.

5. Nonlinear time-optimal trajectory planning for varying-rope-length overhead cranes

Authors: Yiming Wu, Ning Sun, He Chen, Jianyi Zhang, Yongchun Fang

From practical perspectives and to improve the working efficiency, trolley transportation and payload hoisting/lowering should be simultaneously controlled. Moreover, in practical crane applications, the transportation time is an important criterion for improving transportation efficiency. Based on these requirements, this paper aims to solve positioning and anti-swing control problems and shorten the transportation time for underactuated varying-rope-length overhead cranes.

By choosing trolley acceleration and varying-rope-length acceleration as system inputs, the crane system dynamic model is converted into an equivalent model without linearizing/approximating. Then, based on the

converted model and system state constraints, a time-optimal problem is formulated. Further, the original problem is converted into an optimization problem with algebraic constraints which can be conveniently solved. Finally, by solving the optimization problem, the optimal trajectories of system states, including displacements, velocities and accelerations, are obtained.

This paper first provides a nonlinear time-optimal trajectory planner for varying-rope-length overhead cranes, which achieves accurate and fast trolley positioning and eliminates payload residual swings. Meanwhile, all system states satisfy the given constraints during the entire process. Hardware experimental results show that the proposed time-optimal planner is effective and has better performance compared with existing methods.

This paper proposes a time-optimal trajectory planner for overhead crane systems with hoisting/lowering motion.

6. Motion and force control method of 7-DOF cable-driven rehabilitation exoskeleton robot

Authors: Wencheng Ni, Hui Li, Zhihong Jiang, Bainan Zhang, Qiang Huang

The purpose of this paper is to design an exoskeleton robot and present a corresponding rehabilitation training method for patients in different rehabilitation stages.

This paper presents a lightweight seven-degrees-of-freedom (DOF) cable-driven exoskeleton robot that is wearable and adjustable. After decoupling joint movement caused by a cable-driven mechanism, active rehabilitation training mode and passive rehabilitation training mode are proposed to improve the effect of rehabilitation training.

Simulations and experiments have been carried out, and the results validated the feasibility of the proposed mechanism and methods by a fine rehabilitative effect with different persons.

This paper designed a 7-DOF cable-driven exoskeleton robot that is suitable for patients of different body measurements and proposed the active rehabilitation training mode and passive rehabilitation training mode based on the cable-driven exoskeleton robot.

7. Disturbance observer-based sliding mode control for multi-agent systems with mismatched uncertainties

Authors: Qing Wang, Changyin Sun, Xiaofeng Chai, Yao Yu

This paper aims to develop sliding mode control (SMC) methods for second-order multi-agent systems (MAS) in the presence of mismatched uncertainties.

Based on the disturbance observer (DOB), discontinuous and continuous sliding mode protocols are designed to achieve finite-time consensus in spite of the disturbances.

Compared with integral SMC, numerical simulation results show that the proposed control methods exhibit better performance with respect to reduction of chattering.

The main contributions are the following: MAS described with mismatched uncertainties are considered; both discontinuous and continuous sliding mode controllers are considered; with the proposed sliding mode controller, the desired sliding surface can be reached in finite time and the DOB is introduced in the controller to alleviate the chattering phenomenon.

8. Adaptive control of redundant robot manipulators with null-space compliance

Authors: Qing Xu, Shuzhi Sam Ge

The purpose of this paper is to propose an adaptive control for a redundant robot manipulator interacting physically with the environment, especially with the existence of humans, on its body.

The redundant properties of the robot manipulator are used and a reference velocity variable is introduced to unify the operation-space tracking control and the null-space impedance control under one common framework. Neural networks are constructed to deal with unstructured and unmodeled dynamic nonlinearities. Lyapunov function is used during the course of control design and simulation studies are carried out to further illustrate the effectiveness of the proposed strategies.

Satisfying tracking performance in the operation-space and compliance behavior in the null-space of the redundant robot manipulator are ensured simultaneously.

The design procedure of redundant robot manipulators control can be greatly simplified, and the framework of multi-priority control can be transformed into a joint-space velocity tracking problem via the introducing of a reference velocity variable.

9. Non-fragile consensus control of networked robotic manipulators with topology-dependent memory

Authors: Chao Ma, Rui Li, Hong Qiao

The purpose of this paper is to solve the non-fragile consensus problem of networked robotic manipulators over communication networks by using information from topology-dependent memory.

This paper proposes a topology-dependent memory protocol with distributed consensus controllers for multiple networked robotic manipulators.

The distributed controller gain fluctuations are taken into account with sampled data information exchanges. By the derived results of model transformation, the topology-dependent memory protocol is investigated using sufficient consensus criteria in the form of linear matrix inequalities.

A novel consensus protocol with topology-dependent memory is designed, which can potentially improve consensus performance and deal with the controller

gain fluctuations of the robotic manipulators in practical applications.

10. Co-designed of network scheduling and sliding mode control for underwater shuttle based on adaptive genetic algorithm

Authors: Zeyu Li, Weidong Liu, Le Li, Zhi Liu, Feihu Zhang

Underwater shuttle is widely used in scenarios of deep sea transportation and observation. As messages are transmitted via the limited network, high transmission time-delay often leads to information congestion, worse control performance and even system crash. Moreover, due to the nonlinear issues with respect to shuttle's heading motion, the delayed transmission also brings extra challenges. Hence, this paper aims to propose a co-designed method, for the purpose of network scheduling and motion controlling.

First, the message transmission scheduling is modeled as an optimization problem via adaptive genetic algorithm. The initial transmission time and the genetic operators are jointly encoded and adjusted to balance the payload in network. Then, the heading dynamic model is compensated for the delayed transmission, in which the parameters are unknown. Therefore, the adaptive sliding mode controller is designed to online estimate the parameters, for enhancing control precision and anti-interference ability. Finally, the method is evaluated by simulation.

The messages in network are well scheduled and the time delay is thus reduced, which increases the quality of service in network. The unknown parameters are estimated online, and the quality of control is enhanced. The control performance of the shuttle control system is thus increased.

The paper is the first to apply co-design method of message scheduling and attitude controlling for the underwater unmanned vehicle, which enhances the control performance of the network control system.

11. Robot nonlinear control for Unmanned Aerial Vehicles' multitasking

Authors: Víctor H. Andaluz, Cristian M. Gallardo, Fernando A. Chicaiza, Christian P. Carvajal, José Morales, Giovanni Cuzco, Vicente Morales, Byron E. Vaca, Nicolay Samaniego

This paper aims to present a unified motion control scheme for quadcopters which not only solves the point stabilization and trajectory tracking problems but also the path following problem.

The control problem is solved based on the kinematic model of the unmanned aerial vehicles (UAV). Next, a dynamic compensation controller is considered through of a quadcopter-inner-loop system to independently track four velocity commands: forward, lateral, up/downward and heading rate. Stability and robustness of the whole

control system are proved through the Lyapunov's method. To evaluate the controller's performance, a multi-user application which allows bilateral communication between a ground station and the Phantom 3 PRO quadrotor is developed.

The performance of the proposed unified controller is shown through real experiments for the different motion control objectives: point stabilization, trajectory tracking and path following. The experiments confirm the capability of the unified controller to solve different motion problems by an adequate selection of the control references.

This work proposes the design of three types of motion controllers, which can be switched to comply a task in outdoor. Based on the software development kit provided by the company DJI, an application to get and send data to the UAV is developed. By means of this application, the three tasks are tested and the robustness of the controllers is proved.

12. Dynamic modeling and controller design for SEA joints

Authors: Fenglei Ni, Tianhui Li, Yiwei Liu, Hong Liu, Yang Li, Liangliang Zhao, Zhaopeng Chen

The purpose of this paper is to study the dynamic modeling and controller design for the series element actuator (SEA) joints. The robot equipped with SEA joints is a strong coupling, nonlinear, highly flexible system, which can prevent itself from damaging by the accidental impact and the people to be injured by the robot.

Based on the torque source model, the authors built a dynamic model for the SEA joint. To improve the accuracy of this model, the authors designed an elastic element into the joint and implemented the vector control for the joint motor. A control method of combined PD controller and back-stepping was proposed. Moreover, the torque control could be transformed into position control by stiffness transformation.

The established model and the proposed method are verified by the position and torque control experiments. The experimental results show that the dynamic model of the SEA joint is accurate and the proposed control strategies for the SEA joint are reasonable and feasible.

The main contribution of the paper is as follows: designing an elastic element with high linearity to improve the model accuracy of the SEA joint. The control strategy-based back-stepping method for the SEA joint is proposed to increase the robustness of the controller.

13. Adaptive visual servoing control for an underwater soft robot

Authors: Fan Xu, Hesheng Wang, Weidong Chen, Jingchuan Wang

This paper presents an image-based visual servoing control scheme for a cable-driven soft robot with a fixed camera observing the motions. The intrinsic and extrinsic parameters of the camera can be adapted online so that

tedious camera calibration work can be eliminated. It is acknowledged that kinematics-based control can be only applied into tasks in the free space and has limitation in accelerating the motion speed of robot arms. That is, one must consider the unneglectable interaction effects generated from the environment and objectives when operating soft robots in such interactive control tasks. To extend the application of soft robots into underwater environment, the study models system dynamics considering complicated hydrodynamic effects. With the pre-knowledge of the external effects, the performance of the robot can be further improved by adding the compensation term into the controller.

The proposed controller has theoretically proved its convergence of image error, adaptive estimation error and the stability of the dynamical system based on Lyapunov's analysis. The authors also validate the performance of the controller in positioning control task in an underwater environment. The controller shows its capacity of rapid convergence to and accurate tracking performance of a static image target in a physical experiment.

14. A pose/force symmetric coordination method for a redundant dual-arm robot

Authors: Fuhai Zhang, Jiadi Qu, He Liu, Yili Fu

This paper aims to develop a pose/force coordination method for a redundant dual-arm robot to achieve a symmetric coordination task.

A novel control strategy of dual-arm coordination is proposed that associates pose coordination with force coordination. The spatial in-parallel spring and damping model is built to regulate the relative pose error of two end-effectors in real time, and force coordination factor is introduced to realize the dynamic distribution of loadings to limit the object's internal force in real time.

The proposed method was verified on a real dual-arm robot platform. The symmetric coordination task is performed and the experiment results show that a good behavior on the regulation of the relative pose errors between two arms to achieve the object's trajectory tracking, and the distribution of the two end-effectors' loadings to limit the object's internal force.

The benefits of the proposed method are to improve the object's tracking performance and avoid the object damage during the symmetric coordination task.

15. A self-organized reciprocal control method for multi-robot simultaneous coverage and tracking

Authors: Runfeng Chen, Jie Li, Lincheng Shen

Multi-robots simultaneously coverage and tracking (SCAT) is the problem of simultaneously covering area and tracking targets, which is essential for many applications, such as delivery service, environment monitor, traffic surveillance, crime monitor, anti-terrorist mission and so on. The purpose of this paper is to

improve the performance of detected target quantity, coverage rate and less deadweight loss by designing a self-organized method for multi-robots SCAT.

A self-organized reciprocal control method is proposed, coupling task assignment, tracking and covering, equipped with collision-avoiding ability naturally. First, SCAT problem is directly modeled as optimal reciprocal coverage velocity (ORCV) in velocity space. Second, the preferred velocity is generated by calculating the best velocity to the center of some robot detected targets. ORCV is given by adjusting the velocity relative to neighbor robots' toward in optimal coverage velocity

(OCV); it is proven that OCV is collision-free assembly. Third, some corresponding algorithms are designed for finding optimal velocity under two situations, such as no detected targets and empty ORCV.

In this paper, a self-organized reciprocal control method is proposed for multi-robots SCAT problem, which is modeled in velocity space directly, different to the traditional method modeling in configuration space. What is more, this method considers the reciprocal of robots that contributes to the better accomplishment of SCAT cooperatively.

KRYNICA MORSKA
zachwyca!
Kameralna atmosfera,
przystępne ceny

ZAPRASZAMY
już od czerwca

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

Kontakt: 508 435 573 • rezerwacja@dpt-krynica-morska.pl
www.dpt-krynica-morska.pl

SKORZYSTAJ Z NASZEJ WIEDZY

Cennik prenumeraty na 2019 r. (ceny brutto rocznej prenumeraty papierowej)

 miesięcznik 312,00 zł	 miesięcznik 300,00 zł	 dwumiesięcznik 210,00 zł	 miesięcznik 348,00 zł	 dwumiesięcznik 198,00 zł	 dziesięć wydań 180,00 zł
 miesięcznik 420,00 zł	 miesięcznik 348,00 zł	 miesięcznik 312,00 zł	 miesięcznik 378,00 zł	 miesięcznik 384,00 zł	 dwumiesięcznik 378,00 zł
 miesięcznik 300,00 zł	 miesięcznik 480,00 zł	 miesięcznik 372,00 zł	 miesięcznik 612,00 zł	 miesięcznik 312,00 zł	 miesięcznik 330,00 zł
 dwutygodnik 299,00 zł	 miesięcznik 330,00 zł	 miesięcznik 366,00 zł	 miesięcznik 330,00 zł	 miesięcznik 258,00 zł	 miesięcznik 366,00 zł
 dwumiesięcznik 240,00 zł	 miesięcznik 636,00 zł	 miesięcznik 330,00 zł	 miesięcznik 330,00 zł	 miesięcznik 384,00 zł	 miesięcznik 396,00 zł
 kwartalnyk 100,00 zł					

Czasopisma dostępne tylko w prenumeracie w wariantach:
 wersja papierowa (dolicza się roczną opłatę za dostarczenie czasopism),
 wersja **PLUS** z dostępem do e-publikacji (bezpłatne dostarczenie czasopism),
 wersja **ciągła PLUS** z dodatkowym rabatem **10%**
 (automatycznie odnawiająca się co roku, bezpłatne dostarczenie czasopism)



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

70 lat
WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

reklama@sigma-not.pl
22 827 43 65

www.sigma-not.pl



/ sigmanot

70 lat

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT



/ sigmanot

www.sigma-not.pl

prenumerata@sigma-not.pl
22 840 35 89