



XXV Kongres Techników Polskich III Światowy Zjazd Inżynierów Polskich



Wrocław, 16-18 czerwca 2016 r.



Zapraszamy wszystkich inżynierów
do udziału w

**XXV KONGRESIE TECHNIKÓW
POLSKICH (KTP)**

**i III ŚWIATOWYM ZJEŹDZIE
INŻYNIERÓW POLSKICH (SZIP)**

organizowanych w dniach

16-18 czerwca 2016 r.

we Wrocławiu

Europejskiej Stolicy Kultury

**WEŹ UDZIAŁ WE WROCŁAWSKIM
SPOTKANIU TWÓRCÓW TECHNIKI**

Organizatorami XXV KTP i III ŚZIP są:

- Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT
- Europejska Federacja Polonijnych Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych
- Rada Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej
- Rada Główna Instytutów Badawczych
- Akademia Inżynierska w Polsce
- Konferencja Rektorów Polskich Uczelni Technicznych
- Politechnika Wrocławska

Więcej informacji na stronach: ktp.enot.pl i szip.org.pl

Celem obu spotkań inżynierskich jest integracja i wymiana doświadczeń będących udziałem inżynierów z kraju oraz mieszkających i pracujących poza jego granicami.

Tematami debat plenarnych i konferencji naukowo-technicznych w czasie obu wydarzeń będą m.in. istotne dla polskiej gospodarki zagadnienia: relacje między nauką a gospodarką, w tym transfer zaawansowanych technologii; kształcenie inżynierów; stan polskiej elektryki oraz transportu; rozwój techniki a uwarunkowania ekologiczne.

Uczestnicy XXV KTP i III SZIP będą mogli zapoznać się z raportem wypracowanym na II Kongresie Elektryków Polskich (przygotowanym przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich - SEP), a także z najnowszymi tendencjami IT (Information Technology) w odniesieniu do urzędzeń i aplikacji. Interesującymi tematami będzie współdziałanie techniki z medycyną, gospodarka wodna a zmiany klimatyczne oraz infrastruktura – budownictwo – BIM.

W czasie wrocławskich obrad zostaną podjęte także aktualne obecnie zagadnienia strefy wolnego handlu między USA a UE oraz roli inżynierów w reindustrializacji.

Kongresy Techników Polskich są ważnym wydarzeniem dla całego polskiego środowiska naukowo-technicznego. Hasłem XXV Kongresu jest „Technika-Człowiekowi”. Pierwszy, historyczny Kongres odbył się w 1882 r. w Krakowie. Przyjechali nań technicy i inżynierowie z trzech zaborów oraz spoza kraju. Tę ideę wspólnych obrad polskich inżynierów z kraju i spoza jego granic chcemy kontynuować organizując oba spotkania inżynierskie wspólnie.

Idea zwoływania Zjazdów zrodziła się z inicjatywy polonijnych środowisk technicznych, jako kontynuacja wcześniejszych sympozjów integracyjnych „Polacy Razem” środowisk inżynierów polskich oraz polonijnych organizowanych przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT od 1996 r. Każdy kolejny Zjazd przyciągał uwagę coraz większej liczby uczestników.

Hasło III Światowego Zjazdu Inżynierów Polskich brzmi „Inżynierowie Polsce i Światu”.



ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

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

Sekretarz Redakcji – mgr Izabella Gosiewska
tel. 663 311 933

Redaktorzy tematyczni:

Dr inż. Rafał Kluz (technologia, automatyzacja)
Dr inż. Katarzyna Antosz (niezawodność, eksploatacja)
Dr inż. Mirosław Chłosta (inżynieria, produkcja)

RADA PROGRAMOWO-NAUKOWA:

Prof. Dario Antonelli (Politecnico di Torino, Włochy), prof. Bronius Baksys (Kaunas University of Technology, Litwa), prof. Marek Balaziński (Ecole Polytechnique Montreal, Kanada), prof. Adam BARYLSKI (Politechnika Gdańska), mgr inż. Magdalena Borek-Daruk (SIGMA-NOT), prof. Józef Gawlik (Politechnika Krakowska) – z-ca przewodniczącego, prof. Jan Godzimirski (WAT), prof. Stefan Góralczyk (IMBiGS), prof. Mikulas Hajduk (Technická Univerzita v Kosciach, Słowacja), prof. Michael Kheifetz (Polski Gosudarstwiennyj Uniwersytet, Białoruś), doc. dr inż. Radek Knoflicek (FME Brno, Czechy), prof. Mark Krystal (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 Uniwersytet Ukrainy „Kijewskij Politechnicznyj Instytut”, Ukraina), prof. R. M. Chandima Ratnayake (University of Stavanger, Norwegia), prof. Emil Spisak (Technika Univerzita v Kosciach, Słowacja), dr inż. Dorota Stadnicka (Politechnika Rzeszowska), prof. Jerzy Stamirowski (Politechnika Świętokrzyska), prof. Michail W. Wartanow (Moskowskij Gosudarstwiennyj Maszynostroitelnyj Uniwersytet, Rosja), prof. Władimir P. Woronienko (Moskowskij Gosudarstwiennyj Technologicznyj Uniwersytet, Rosja), prof. Jan Żurek (Politechnika Poznańska) – przewodniczący

ADRES REDAKCJI:

Kwartalnik „Technologia i Automatyzaacja 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:

Drukarnia Wydawnictwa SIGMA-NOT
ul. Ks. Jerzego Popiełuszki 19/21, 01-590 Warszawa
e-mail: drukarnia@drukarnia.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 60 zł
Wersja pierwotna: elektroniczna

W numerze

Od Redakcji

Łunarski J.: Wybrane sposoby wspomagania konkurencyjności 3

Pasechnyk V., Khmurenko A.: Wpływ konstrukcyjno-technologicznych parametrów konstrukcji kompozytowych na syntezę łańcuchów wymiarowych 5

Zbrowski A., Samborski T.: Urządzenie do pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych 13

Łunarski J.: Metoda oceny przydatności produkcyjnej specjalnych urządzeń montażowych 16

Rychlik K.: Modularyzacja procesów szkolenia operatorów maszyn budowlanych 20

Chłosta M., Budny E.: Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie. Cz. I 26

Cieślak R., Wysocki I.: Analiza kosztów wytwarzania wyrobów za pomocą platformy montażowej w firmie Elektrobudowa SA 29

Wojtas M., Sobieszek A., Szczepanik T.: Weryfikacja możliwości wzmocnienia nasady łopaty wirnika nośnego wiatrakowca. 34

Płonka S., Przybytek R., Zyzak P.: Proces wytwarzania uchwytów do mocowania fotelików w samochodach 39

Zielecki W., Korzyńska K.: Umacnianie zakładkowych połączeń klejowych stopu tytanu Ti6Al4V metodą pneumokulowania 44

Sobieszek A., Wojtas M., Szczepanik T.: Opracowanie technologii klejenia anodowanego stopu aluminium 6005 T6 stosowanego w lotnictwie. 48

Barylski A.: Europejska legitymacja zawodowa inżyniera ma już trzy lata 53

Wskazówki dotyczące przygotowania artykułów

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

Procedura recenzowania

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

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

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

Lista recenzentów publikowana jest w ostatnim zeszycie każdego rocznika.

Warunki prenumeraty kwartalnika „Technologia i Automatyżacja MontaŹu” w 2016 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: 60 zł (w tym 5% VAT).

Rabaty:

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

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

Prenumeratę można zamówić:

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

• **faksem:** 22 891 13 74

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

• **on-line:** www.sigma-not.pl

listownie:

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

dokonyjąc wpłaty na konto:

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

WYBRANE SPOSOBY WSPOMAGANIA KONKURENCYJNOŚCI

Jerzy ŁUNARSKI

Zapewnienie konkurencyjności organizacji na zadowalającym poziomie jest stałą i główną troską naczelnego kierownictwa każdej organizacji. Istnieje niezliczona liczba pozycji literatury i wskazówek metodycznych, zawierających zalecane sposoby zarządzania i postępowania dla uzyskiwania pożądaných celów. Zazwyczaj są one uzależnione od aktualnego stanu organizacji i jej potencjalnych możliwości oraz od sytuacji zewnętrznych uwarunkowanych wieloma czynnikami. Różnorodność spotykanych sytuacji wewnętrznych i zewnętrznych powoduje, że wybór najlepszej drogi postępowania w konkretnej sytuacji organizacji jest trudny, związany z określonym ryzykiem, koniecznością skutecznego prognozowania stanów przyszłych oraz umiejętnego stymulowania własnych potencjałów rozwojowych. Często bezkrytyczne naśladowanie lub pogoń za doraźnymi korzyściami może sprowadzić na organizację poważne kłopoty. Z tych względów konieczne są systematyczne działania, związane z gromadzeniem potrzebnych informacji z otoczenia, dokładnego rozpoznania własnych możliwości rozwojowych i stopniowego ulepszania przyjętej strategii rozwojowej oraz (gdy zachodzi konieczność) korygowania ustanowionych celów strategicznych.

Wiele organizacji uważa, że głównym czynnikiem powodzenia jest opracowanie i wdrożenie różnych innowacji: produktowych, procesowych, zarządczych lub innych. Jednakże opracowanie potrzebnej innowacji może być procesem trudnym, ryzykownym i nie zawsze przynosi oczekiwane efekty. Należy przy tym rozpatrywać nie samą innowację lecz technologię, którą innowacja polepsza i jej kompleksowe, pozytywne oddziaływanie na wyniki organizacji. Wskazane jest uporządkowane podejście systemowe obejmujące następujące zagadnienia:

1. Wybór problemów wpływających w kluczowy sposób na poziom konkurencyjności organizacji i wchodzących w ustanowione cele strategiczne. Najczęściej są to jednostkowe koszty wytwarzania wyrobów i związane z nimi konstrukcyjno-technologiczne rozwiązania wyrobów, problemy jakościowych rozwiązań wyrobów i systemu produkcyjnego oraz problemy dystrybucji i relacji z klientami. W konkretnych sytuacjach mogą występować specyficzne problemy związane z pozyskiwaniem potrzebnych zasobów, dywersyfikacją wyrobów i skalą ich produkcji, działaniami antykrzysowymi, przeciwdziałaniami bieżącym zagrożeniom (np. awarie, katastrofy, embarga).
2. W zakresie wybranych problemów uznanych za kluczowe dla konkurencyjności organizacji, przeprowadzenie dwojakiego rodzaju działań:
 - analizy prognostycznej, dotyczącej rozpatrywanych problemów ze wskazaniem przewidywanych scenariuszy rozwojowych, najlepiej w trzech wariantach: optymistycznym, pesymistycznym i najbardziej prawdopodobnym,
 - przeprowadzenie rzetelnej samooceny w zakresie ustalonych kluczowych problemów, której wyniki wskażą potrzebne i możliwe działania organizacji i ich skonkretyzowanie w postaci planów strategicznych i taktycznych.
3. Przeprowadzanie samoocen jest w zasadzie codzienną praktyką wszelkich organizacji, lecz przeważnie są one ukierunkowane na potrzeby bieżące i mają postać kontroli technicznej lub administracyjnej, kontroli produkcji, personelu itp. Stosowane są również audyty wyrobów, procesów, stosowanych systemów zarządzania i inne. Celem kontroli i audytów jest wykrywanie niezgodności i ich eliminowanie za pomocą działań korygujących i zapobiegawczych sprzyjających doskonaleniu. W sytuacji konieczności samooceny kompleksu działań, wpływających na konkurencyjność, przeważnie brakuje gotowych wzorców postępowania, a zasady takiej oceny należy wcześniej zaprojektować. Pomocą mogą służyć metody samoocen przedstawione w normach ISO 9004, ISO 10014 oraz w wytycznych EFQM, jak również PNJ czy też z pomocą narzędzia RADAR. Projekt takiej samooceny powinien wykorzystywać dysponowane dane kontroli i audytów, wyjawiać potencjalne możliwości organizacji i jej mankamenty w zakresie rozpatrywanej problematyki oraz zawierać możliwe do zrealizowania plany poprawy sytuacji, uwzględniające stan organizacji i otoczenia. Mimo, iż samoocena dotyczy wybranych kluczowych zagadnień – powinna być powiązana z zagadnieniami mającymi wpływ na rozpatrywane problemy kluczowe. Dotyczy to m.in.: zagadnień zaopatrzeniowych, logistycznych, kompetencji, motywowania, struktur organizacyjnych, rekonstrukcji procesów. Celem poszczególnych planów jest polepszenie stanu organizacji w zakresie ustanowionego problemu kluczowego.
4. Opracowane plany poprawy konkurencyjności powinny być umiejętnie wdrożone z przestrzeganiem sekwencji PDCA, sprawdzeniem poprawności planów

za pomocą metody FMEA, oszacowaniem i przydzieleniem potrzebnych zasobów, wcześniejszym przeszkoleniem zainteresowanych i uczestników, przeprowadzeniem działań przeciwdziałających możliwym oporom wykonawców i z pełnym zaangażowaniem naczelnego kierownictwa. W procesach wdrażania i realizacji planów zalecane jest wykorzystywanie narzędzi LM (systematyzacja, porządkowanie, wizualizacja), nadzorowanie zużycia przydzielonych zasobów, przestrzeganie ustalonych harmonogramów i ocena uzyskiwanych wyników.

5. Zrealizowanie planów poprawy konkurencyjności powinno spowodować trwałe, pozytywne zmiany w organizacji, których utrwalenie powinno być dokonane z pomocą wewnętrznej standaryzacji. Polega to na przeprowadzeniu analizy obowiązującego systemu standardów i wprowadzeniu w ich treści koniecznych zmian. Może również zachodzić konieczność wycofania standardów nieaktualnych i wprowadzenie w ich miejsce zmienionych lub też wprowadzenie standardów zupełnie nowych. W wielu standardach wystarczającym okazuje się wprowadzenie nieznacznych poprawek dotyczących parametrów, działań, stosowanych pomocy itp. Proces przeglądu i nowelizacji standardów powinien być przeprowadzany przez kompetentny personel, który powinien uwzględnić nie tylko problemy wynikające z przeprowadzonych planów, lecz także uwzględnić zmiany sytuacji wewnętrznej i zewnętrznej, jakie nastąpiły w organizacji od poprzedniego przeglądu i aktualizacji standardów. W procesie tym należy zwrócić uwagę m.in. na takie zagadnienia, jak:

- a) czy komplet istniejących standardów jest wystarczający dla zapewnienia jakościowej i powtarzalnej realizacji kluczowych, ze względu na konkurencyjność, działań organizacji i czy nie zachodzi potrzeba ich uzupełnienia o nowe standardy,
- b) czy wszystkie standardy opracowane są w sposób jednoznacznie, przejrzystie i kompleksowo

opisujący metody postępowania z wykorzystaniem wytycznych najnowszych aktów prawnych i dostępnych norm technicznych, zapewniając powtarzalność jakościową uzyskiwanych wyników oraz możliwość zastępowalności personelu wykonującego wyszczególnione działania.

- c) czy sposoby prezentowania treści lub działań umożliwiają łatwe prowadzenie ich kontroli i wizualizacji, co ułatwiłoby realizację tych zadań przez osoby bez specjalnego przeszkolenia,
- d) czy zachodzi potrzeba rozszerzenia zakresu standardów na inne dziedziny (poza kluczowymi), w których konieczna jest stabilizacja jakościowa działań mających wpływ na działania kluczowe.

Analizy i oceny powyższych zagadnień umożliwiają doskonalenie systemu obowiązujących standardów wewnętrznych, ułatwiają i porządkują procesy zarządzania organizacją oraz umożliwiają utrzymanie stałego poziomu form i sposobów pracy, dzięki czemu następuje stabilizacja i powtarzalność uzyskiwania pożądanych wyników z zakresu: jakości, kosztów, produktywności, bezpieczeństwa, rentowności itp. Taka stabilizacja jakościowa funkcjonowania organizacji wywiera pozytywny wpływ na jej konkurencyjność, która zależy również od szeregu innych czynników. Różnorodne problemy konkurencyjności pojawiają się także w procesach montażowych, związanych z wykonywaniem połączeń montażowych, które są wiodącym tematem Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Połączenia montażowe - konstrukcja i technologia PM-2016”, która odbędzie się w dniach 7–10.06.2016 r. w Bieszczadach – Polańczyk nad jeziorem Solińskim. Problematyka konferencji obejmuje wszelkie aspekty innowacyjnych technologii montażowych ze wskazaniem ich potencjalnych efektów. Organizatorzy konferencji zapraszają osoby zainteresowane montażem i oczekują wniesienia przez nie znaczącego wkładu w rozwój tej ważnej gospodarczo dyscypliny z korzyścią dla uczestników i kraju.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СИНТЕЗ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

*The influence of composite structures constructive and technological parameters
on dimensional chains synthesis*

*Wpływ konstrukcyjno-technologicznych parametrów konstrukcji kompozytowych
na syntezę łańcuchów wymiarowych*

Виталий А. ПАСЕЧНИК, Алексей А. ХМУРЕНКО

Резюме: Подходы размерно-точностного анализа являются актуальными и универсальными для решения комплексных задач обеспечения точности и взаимозаменяемости конструкций при их сборке. Такие подходы, как правило, основываются на аппарате теории размерных цепей (РЦ), который в свою очередь является достаточно развитым, но не смотря на это, имеет ряд нерешенных задач, например, связанных с расчетом точности геометрических параметров сборных конструкций из полимерно-композитных материалов (ПКМ).

Сложности применения вышеупомянутой теории возникают, как на этапах формирования и синтеза РЦ конструкции, так и на последующих этапах их анализа и расчета. Также имеется ряд допущений, который упрощает анализ металлических конструкций, но для ПКМ вносит значительные погрешности расчетов.

В настоящей работе представлены результаты анализа актуального состояния процедур формирования и синтеза пространственных РЦ (ПРЦ) для сборных конструкций из неоднородных материалов (в т.ч. ПКМ), которые показали нецелесообразность применения «классической» методологии и необходимость ее уточнения, в вопросе учета специфики конструктивно-технологических параметров составных частей конструкции (СЧ) из ПКМ.

Рассмотрены различные подходы в представлении модели ПРЦ сборных конструкций, оптимальным среди которых был определен подход, при котором модель геометрии представляется в виде структур связанных систем координат ее СЧ. Такой подход позволяет учесть сложную структуру ПКМ, т.к. возможно представление отдельных структур их подсистем. Также учитываются специфические технологические факторы, которые возникают на этапах изготовления СЧ из ПКМ и сборки конструкции в целом.

Предложенный подход подразумевает использование декомпозиции общей структуры модели, что упрощает процедуры построения, а саму модель ПРЦ делает универсальной. Предложенная методика позволяет строить эффективные модели структур ПРЦ конструкций из ПКМ для выполнения процедур как формирования и синтеза, так и дальнейшего анализа ПРЦ.

Ключевые слова: Размерно-точностный анализ, пространственная размерная цепь, сборная композитная конструкция.

Summary: Approaches of size and accuracy analysis are relevant and universal for complex of ensure constructions at their assembly accuracy and interchangeability tasks decisions. Such approaches are usually based on dimensional chains (DC) theory apparatus, which is sufficiently developed, but, has a number of unsolved problems, such as polymer composites materials (PCM) geometrical parameters accuracy calculation.

Difficulty arises applying above theory, both on DC formation and synthesis stage and on analysis and calculation subsequent stage. There is also a number of assumptions, which simplifies analysis of metallic constructions, but makes significant errors for PCM settlement.

This paper presents an analysis of formation and synthesis procedures for spatial DC (SDC) and all kinds of heterogeneous materials (including PCM), which showed unreasonableness of using "classical" methods and needs to clarify, on issue of taking into account PCM parts constructive-technological specifics parameters.

Different approaches in composite constructions SDC model representation, among which the best approach has been defined, in which geometry of model is a structure of related coordinate systems of constructions parts. This approach allows to take into account the complex PCM structure as possible representation of their subsystems individual structures. Also take into account specific technological factors on PCM production stages and construction assembly stages.

Proposed approach involves the use of general structure model decomposition, which simplifies construction, and makes SDC model universal. Proposed method allows to build effective PCM structures models, designs to perform SDC formation and synthesis procedures, as well as further SDC analysis.

Keywords: Size and Accuracy Analysis, Spatial Dimensional Chain, PCM Construction.

Streszczenie: Zastosowanie wymiarowo-dokładnościowej analizy jest aktualne i uniwersalne dla rozwiązywania kompleksowych zadań zapewnienia dokładności i zamienności konstrukcji w trakcie montażu. Podejście takie, w zasadzie, wykorzystuje aparat teorii łańcuchów wymiarowych (ŁW), która z kolei jest wystarczająco opracowana, lecz posiada szereg nierozwiązanych zadań, np. związanych z obliczaniem dokładności parametrów geometrycznych konstrukcji montowanych z polimerowo-kompozytowych materiałów (PKM). Złożoność wykorzystania powyższej teorii powodowana jest zarówno na etapie kształtowania i syntezy ŁW konstrukcji jak i na dalszych etapach analizy i obliczeń. Istnieje również szereg uproszczeń analizy konstrukcji metalowych, lecz dla PKM wnoszą one znaczne błędy obliczeń. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analizy aktualnego stanu procedur kształtowania i syntezy przestrzennych ŁW (PŁW), które wykazały niecelowość stosowania „klasycznej”

metodologii i konieczność jej uszczegółowienia w zakresie uwzględnienia specyfiki konstrukcyjno-technologicznych parametrów składowych części (SC) z PKM. Rozpatrzone różne podejścia w przedstawianiu modeli PŁW montowanych konstrukcji, zaś optymalnym podejściem okazało się podejście przy którym model geometrii przedstawiono w postaci struktur związanych systemem współrzędnych z jej S.C. Takie podejście pozwala uwzględnić złożoną strukturę PKM tzn. można przedstawić oddzielne struktury podsystemów. Uwzględnia się również specyficzne czynniki technologiczne, które pojawiają się na etapach wykorzystania S.C. z PKM i montażu całej konstrukcji. Zaproponowane podejście przewiduje wykorzystanie dekompozycji ogólnej struktury modelu, co upraszcza procedury budowy, a sam model PŁW staje się uniwersalnym. Przytoczona metodyka pozwala formować efektywne modele PŁW konstrukcji a PKM zarówno dla spełnienia procedur jak również dla formowania i syntezy oraz dalszej analizy PŁW.

Słowa kluczowe: wymiarowo-dokładnościowa analiza, przestrzenne łańcuch wymiarowy, montażowa konstrukcja kompozytowa

Введение

На сегодняшний день актуальным инструментом для определения параметров точности собираемых конструкций является размерно-точностный анализ, который основывается на аппарате теории размерных цепей (РЦ). Данная теория, в общем ее представлении, достаточно универсальная и упрощенная.

Значительное количество допущений в отдельных положениях теории РЦ, как правило, касаются представления составных частей (СЧ) объектов сборки и непосредственно связей между ними, в виде звеньев РЦ. Для конструкций, например, из металлических материалов, это позволяет упростить процедуры анализа и расчета точности собираемой конструкций. Если рассматривать более сложные конструкции, с широким применением полимерно-композитных материалов (ПКМ), вышеуказанные допущения вносят достаточно высокую погрешность на этапе формирования и синтеза РЦ.

Факторы, влияющие на методику формирования и синтеза размерных цепей для сборных конструкций из полимерно-композитных материалов.

При формировании и синтезе РЦ рассматриваются основные условия, которым должны удовлетворять значения допусков составляющих звеньев РЦ (входных геометрических параметров конструкции). Синтез позволяет решить так называемую прямую задачу [1]. При этом, составляющее звено РЦ соответствует одной СЧ конструкции и представляется в виде одного геометрического параметра (размер или форма), а замыкающее – характеризует искомый, контролируемый параметр собираемой конструкции в целом.

Основные требования к методике синтеза РЦ формируются с учетом требований к точности собираемой конструкции и взаимозаменяемости ее СЧ при сборке. Основными инструментами обеспечения точности и взаимозаменяемости являются система допусков и посадок на входящие СЧ, и увязка геометрических параметров СЧ при сборке. Исходя из этого, РЦ должна формироваться таким образом, чтобы в процессе ее оценки учитывались параметры фактически сопрягаемых поверхностей СЧ в конструкции.

Согласно одному из упрощенных методов формирования РЦ допускается ее представление в одномерной системе координат (СК). Такой метод описывает только линейные отклонения, а уравнения РЦ в этом случае получаются в результате преобразования пространственной РЦ (ПРЦ) в одномерные. Применяемый математический аппарат при получении уравнений ПРЦ таким методом основывается на некоторой идеализации реальных размерных связей поверхностей СЧ, а связь между линейными и угловыми величинами разрывается, что приводит к накоплению дополнительных погрешностей [2].

Также для решения задач синтеза ПРЦ возможно применение метода Монте-Карло – стохастического моделирования, при условии определения коэффициентов множественной линейной регрессии, выполняющих в этом методе функцию коэффициентов влияния. Преимуществом этого метода является точность, а к недостатком следует отнести достаточно большое количество реализаций, кроме того, моделирование случайных значений составляющих величин происходит по законам распределения, выбор которых достаточно условен [3]. При расчетах ПРЦ метод стохастического моделирования удобен только при решении задачи анализа, его использование для решения задачи синтеза мало эффективно из-за неизвестности значений коэффициентов влияния.

Существенное влияние на точность объектов сборки имеет монтажные усилия, возникающие в отдельных СЧ конструкции при выполнении сборочных операций. Общая задача учета монтажных усилий сводится к линеаризации уравнений, в зависимости от потенциальных отклонений, которые являются относительно малыми по сравнению с номинальными значениями геометрических параметров. В работах [4-6] проиллюстрировано линеаризованный метод сборки нежестких металлических конструкций, основанный на использовании коэффициентов влияния для получения матриц жесткости, позволяющие оценить собираемую конструкцию. Также предложено использование конечно-элементного моделирования (КЭМ) в разработке модели изменения деформирования листовых или сложной формы СЧ конструкции. Такой подход обеспечивает уточненный анализ, путем

синтеза модели конструкции и статистического анализа прогнозирования отклонений сборки. Классический метод Монте-Карло требует достаточно много времени для анализа каждого элемента в КЭМ, а предлагаемый альтернативный метод, основанный на анализе коэффициентов влияния позволит повысить эффективность вычисления.

Также на сегодняшний день существует концепция решения задач синтеза при расчетах ПРЦ через последовательное решение задач их анализа теоретико-вероятностным методом [7]. При линеаризации уравнения РЦ используется функция взаимосвязи составляющих и замыкающего звеньев, которая получается на основании применения аналитического подхода, использующего векторно-проектный или векторно-матричный способ.

ПРЦ, формируемую векторно-матричным способом, в системах автоматизированного проектирования (САПР) принято определять детерминированной моделью геометрии объекта производства, а функцию взаимосвязи составляющих и замыкающего звена – моделью (системой уравнений) ПРЦ [8].

Так, во многих современных CAD/CAM/CAE системах активно используется аппарат трехмерного анализа отклонений (англ. Three-Dimensional Variation Analysis – 3DVA), в качестве отдельного математического модуля. [9]

В работе [10] предложен подход анализа сборной конструкции, в котором используются сжатые матрицы жесткости, так называемые «супер элементы». Для прогнозирования отклонений объектов сборки необходимо рассчитывать значения допустимых значений геометрических параметров, или учитывать выбранную технологию сборки. Предложено объединить параметры гибкости отдельных СЧ конструкции, полученные от КЭМ, с анализом отклонений на жесткие СЧ сборки. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования статистических изменений остаточных напряжений и частей смещения.

Для оценки влияния отклонения СЧ на отклонение конструкции в целом предложено учета эффекта геометрической ковариации [11]. Такой метод совмещает в себе анализ головных СЧ конструкции и КЭМ, с целью оценки влияния изменения СЧ на сборку в целом. Анализ методом КЭМ используется для определения влияния каждой деформации при изменении сборки. Предложенная методика сможет значительно снизить расчетную трудоемкость по вариации анализа сборных конструкций.

В работах [12-14] рассмотрен метод «точно ограниченного» проектирования для сложных криволинейных конструкций, с использованием прогрессивных крепежных систем, а также внесены уточнения в общую теорию РЦ, по части синтеза и анализа. Больше количество современных САПР является объектно-ориентированными и не отражают логику сборки на ее абстрактном уровне. Решение этой проблемы

возможно переориентацией САПР в направлении сборочно-ориентированные, то есть уточнением фундаментальной структуры в процессах проектирования, в том числе, в разработке технологии сборки для ограничения кинематических частей и их точного размещения.

Распределение отклонений во многокомпонентных системах сборки моделировалось многими специалистами, используя модели состояния в пространстве [15-17]. Представленные алгоритмы для распределения и изменения механической сборки с использованием переходного состояния модельного подхода. Для моделирования распределения вариаций и контроля в процессе сборки используются среды моделирования и отдельные аппараты теории управления. Процесс сборки моделируется как многоэтапная линейная динамическая система. В этих работах не учитывается изменение отклонений и комплект средств технологического оснащения (СТО).

Так, привязка составляющих и замыкающего звена ПРЦ сборной конструкции должна происходить с помощью связанных СК. Для дальнейшего описания методики синтеза РЦ для конструкций из ПКМ рассмотрим задачу формирования и описания связанных СК СЧ и конструкции в целом.

Методика формирования связанных систем координат составных частей и конструкции из полимерно-композитных материалов в целом.

В задаче синтеза ПРЦ, под связанными СК понимается структура отдельно определенных СК каждой СЧ сборной конструкции, например, планера летательного аппарата (ЛА) – рис. 1, иерархическая система связей между которыми, для кессонной конструкции (КК), показана на рис. 2.

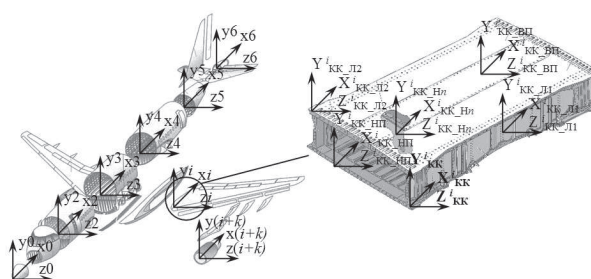


Рис. 1. Системы координат планера летательного аппарата
Fig. 1. Airframe coordinate systems

- Используются следующие обозначения СК: $СК_{КК}^i$ – кессонной конструкции в целом:
- $СК_{КК_ВП}^i$ – верхняя панель, которая состоит из: $СК_{КК_ВП_1}^i$ – обшивки и стрингеров: $СК_{КК_ВП_2}^i - N_{\Omega 1} \div СК_{КК_ВП_k}^i - N_{\Omega k}$;
 - $СК_{КК_Л1/2}^i$ – лонжероны №1 и 2, которые состоят из: $СК_{КК_Л1_1}^i$ – стенки, $СК_{КК_Л1_2}^i$ – пояса

верхнего, $СК_{КК_Л1_3}^i$ – пояса нижнего, $СК_{КК_Л1_4}^i$ – стоек и $СК_{КК_Л1_5}^i$ – фитингов.

- $СК_{КК_Н1/n}^i$ – нервюры №1 ÷ n, которые состоят из: $СК_{КК_Н1_1}^i$ – стенки, $СК_{КК_Н1_2}^i$ – пояса верхнего, $СК_{КК_Н1_3}^i$ – пояса нижнего, $СК_{КК_Н1_4}^i$ – стоек, $СК_{КК_Н1_5}^i$ – компенсаторов и $СК_{КК_Н1_6}^i$ – книц.
- $СК_{КК_НП}^i$ – нижняя панель, которая делится на: $СК_{КК_НП_1}^i$ – секция 1, $СК_{КК_НП_2}^i$ – секция 2, $СК_{КК_НП_3}^i$ – секция 3, каждая из которых состоит из СК в соответствии с $СК_{КК_ВП}^i$.

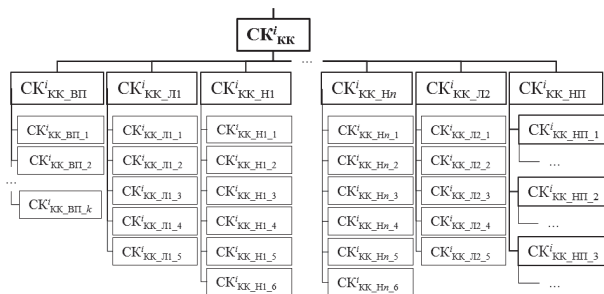


Рис. 2. Пример фрагмента иерархической структуры связанных систем координат типовой кессонной конструкции планера летательного аппарата
Fig. 2. Example of typical wing box construction related coordinate systemshierarchical structure fragment

Такая структура должна формироваться с учетом требования строгого соответствия указанных связей в модели фактическим физическим связям в реальной конструкции. Не соблюдение этого требования приведет к ошибке и существенно усложнит синтез корректной РЦ.

Анализ структуры связанных СК следует проводить с учетом и технологических факторов. Особое влияние на структуру связанных СК для сборных конструкций из ПКМ будут оказывать специфика технологии изготовления СЧ и сборки конструкции в целом. Такая специфика вызвана невозможностью применения типовых «классических» технологических решений, которые применялись ранее для металлических конструкций [18].

Для этапа изготовления СЧ из ПКМ наиболее значимым является:

- назначение базовой СК (рис. 3), которая будет определять главную сборочную базу для установки СЧ при окончательной сборке конструкции и зависеть от типа технологии формования/формообразования;
- формирование подсистем связанных СК, в которых каждый монослой имеет отдельную СК, в зависимости от структуры ПКМ (рис. 3). Связями в таких подсистемах будут выступать функции, переменные в которых зависят от свойств связующих материалов и режимов технологии формования/ формообразования.

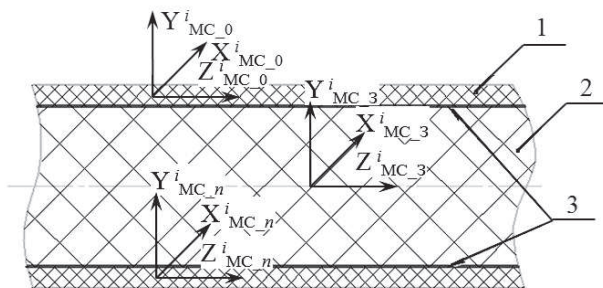


Рис. 3. Подсистема связанных систем координат для составных частей из полимерно-композитных материалов: 1 – монослои материала ($XYZ_{MC_0}^i$ – базовая СК, $XYZ_{MC_n}^i$ – СК n-ного монослоя); 2 – наполнитель материала с СК $XYZ_{MC_3}^i$; 3 – связующий материал

Fig. 3. Subsystem of related coordinate systems for composite parts: 1 – monolayers material ($XYZ_{MC_0}^i$ – basic CS, $XYZ_{MC_n}^i$ – CS of “n” monolayer); 2 – filling material with $XYZ_{MC_3}^i$ CS; 3 – connecting material

Для этапа сборки конструкции из ПКМ наиболее значительным является:

- учет соединений между СЧ конструкции и компенсирующих элементов (книц, компенсаторов, жидких наполнителей и пр.);
- формирование СК сборочного приспособления (СП), в составе общей структуры связанных СК (рис. 4).

Для сборки конструкций из ПКМ целесообразно применять СП модульной конструкции, состоящие из нежестких базовых элементов (вакуумные системы базирования), каркасных и фундаментных. Последние образуют «нулевую» базовую СК в общей связанной структуре.

Для СП водятся следующие обозначения СК: $СК_{СП_0}^i$ – СП для сборки КК, которое состоит из каркасных ($СК_{КК_К}^i$) и базовых элементов ($СК_{КК_БЭ}^i$). Иерархическая система связей в уточненной структуре показана на рис. 5.

Вышеприведенная структура СК является более сложной, по сравнению с указанной на рис. 2, за счет дополнительных элементов СП, но отображает реальную структуру конструкции на производстве и визуализирует технологические зазоры между верхней панелью и СЧ каркаса КК.

Предложенный подход позволит учитывать монтажные напряжения при сборке конструкции в дальнейшем конструктивно-технологическом моделировании рассматриваемой конструкции. Это возможно реализовать за счет описания и анализа элементов СП, а также способов базирования СЧ с учетом реальных технологических решений на производстве.

При этом, актуальной остается основная задача обеспечения точности геометрических параметров, для решения которой необходимо разработать методику формирования модели РЦ для конструкций из ПКМ.

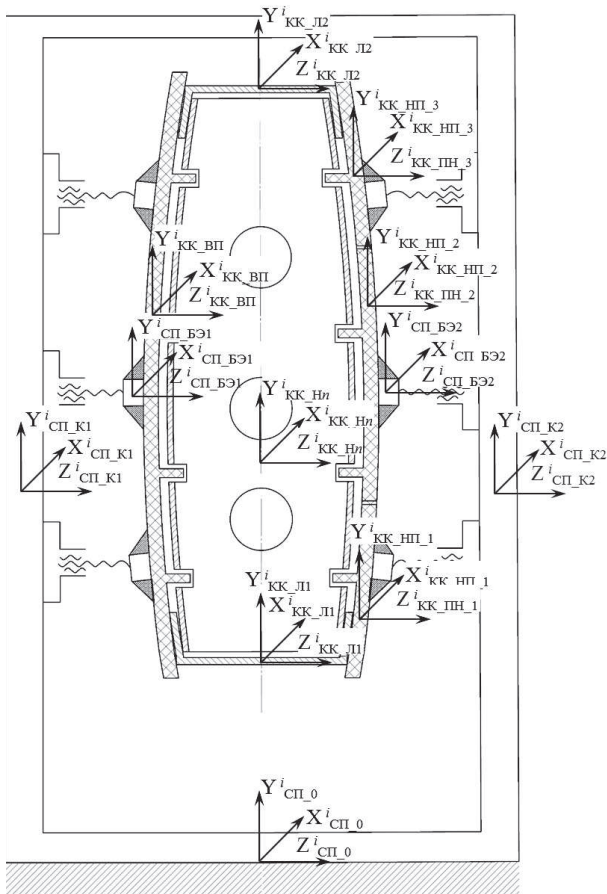


Рис. 4. Структура связанных систем координат для конструкции из полимерно-композитных материалов в сборочном приспособлении
 Fig. 4. The structure of the related coordinate systems for the composite constructions in the assembly jig

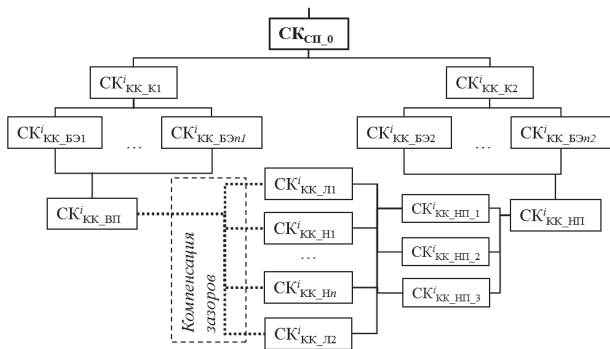


Рис. 5. Иерархическая структура связанных систем координат для конструкции из полимерно-композитных материалов в сборочном приспособлении
 Fig. 5. The hierarchical structure of the related coordinate systems for the composite constructions in the assembly jig

Методика формирования модели размерной цепи для конструкций из полимерно-композитных материалов.

Построение ПРЦ сборной конструкции связано с представлением ее модели геометрии в виде СК ее СЧ. При этом, чем больше количество СЧ и чем сложнее их структура и геометрия, тем сложнее будет структура ПРЦ в целом.

Для решения этой проблемы рассмотрим подход декомпозиции общей структуры ПРЦ. На низшем уровне необходимо анализировать детали конструкции и соответственно учитывать технологические особенности на этапе их изготовления. Для конструкции, рассмотренной выше наиболее сложной структурой обладают СЧ из ПКМ (верхняя и нижние панели). Типовая модель структуры РЦ СЧ из ПКМ показана на рис. 6.

После синтеза ПРЦ для СЧ из ПКМ в дальнейшем целесообразно представлять ее в сокращенном виде (рис. 7).

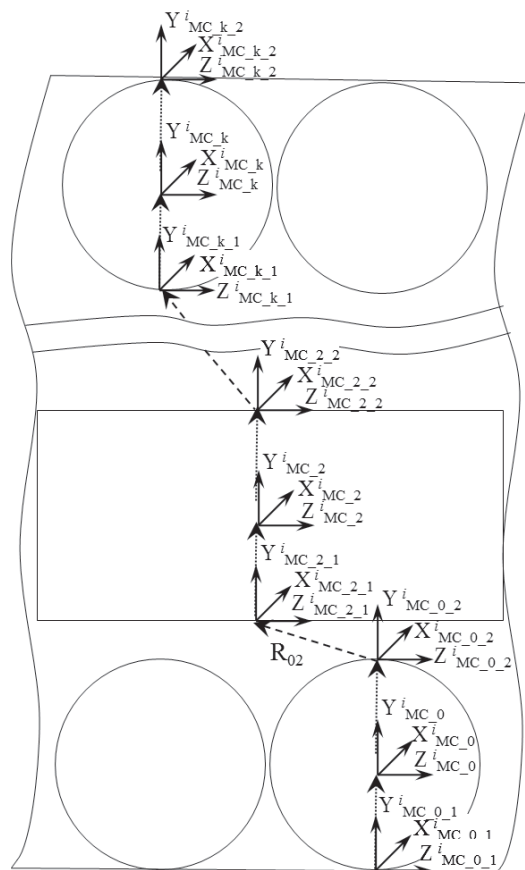


Рис. 6. Типовая модель структуры размерной цепи составной части из полимерно-композитных материалов: XYZ_{MC_0} – базовая СК СЧ; $R_{02} = f(a, b, \dots, m)$ – составляющее звено РЦ как функция от m технологических параметров СЧ; k – количество монослоев материала
 Fig. 6. Typical dimensional chain structure model of the composite part: XYZ_{MC_0} – basic CS; $R_{02} = f(a, b, \dots, m)$ – constitutional unit of DC as a function of the “ m ” technological part parameters; k – the number of the material monolayers

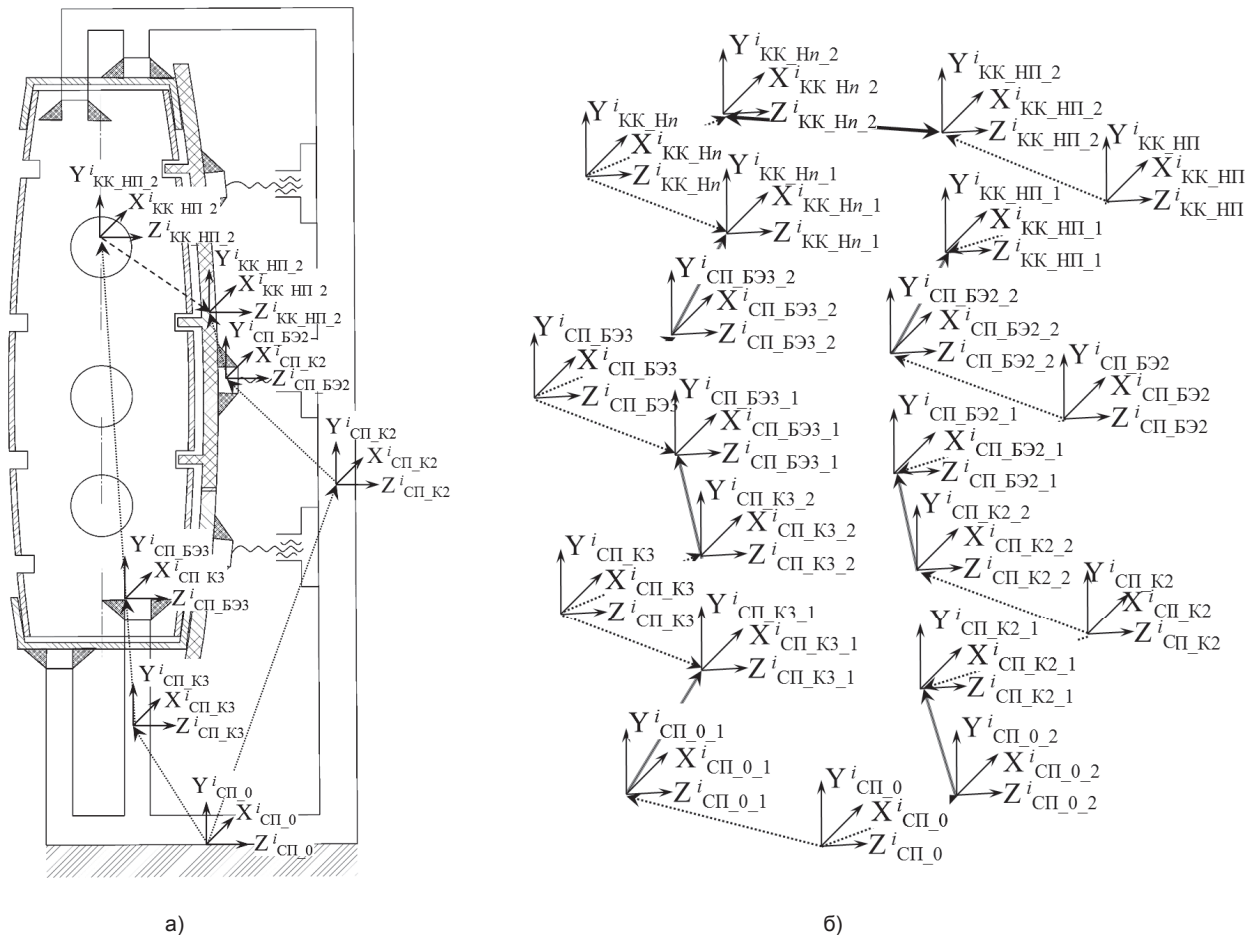


Рис. 7. Модель структуры размерной цепи под сборки «А» кессонной конструкции из полимерно-композитных материалов в сборочном приспособлении: а) укрупненная; б) детализированная
 Fig. 7. Dimensional chain structure model of composite wing box subassembly "A" in the assembly jig: a) enlarged; b) detailed

На высшем уровне декомпозиции структуры необходимо анализировать непосредственно сборную конструкцию. Упростить такой анализ можно используя схему конструктивно-технологического членения конструкции. Так для КК из ПКМ можно выделить этап «А» – подсборка каркаса и нижних панелей (рис. 7), после чего выполняется установка верхней панели и окончательная сборка КК, (рис. 8).

Предложенная модель ПРЦ (рис. 8) также является универсальной, что обеспечивается возможностью корректировки на разных уровнях ее декомпозиции без деструктуризации модели в целом. Целесообразно использовать такую модель в соответствующих автоматизированных системах, не только для формирования и синтеза ПРЦ, а и для дальнейшего ее анализа.

Выводы

Анализ актуального состояния процедур формирования и синтеза ПРЦ для сборных конструкций из неоднородных материалов (в т.ч. ПКМ) показал

нецелесообразность применения «классической» методологии и необходимость ее уточнения в вопросе учета специфики конструктивно-технологических параметров СЧ из ПКМ.

Рассмотрены различные подходы в представлении модели ПРЦ сборных конструкций, оптимальным среди которых был определен подход, при котором модель геометрии представляется в виде структур связанных систем координат ее СЧ. Такой подход позволяет учесть сложную структуру ПКМ, т.к. возможно представление отдельных структур их подсистем. Также учитываются специфические технологические факторы, которые возникают на этапах изготовления СЧ из ПКМ и сборки конструкции в целом.

Предложенный подход подразумевает использование декомпозиции общей структуры модели, что упрощает процедуры построения, а саму модель ПРЦ делает универсальной.

Предложенная методика позволяет строить эффективные модели структур ПРЦ конструкций из ПКМ для выполнения процедур как формирования и синтеза, так и дальнейшего анализа ПРЦ.

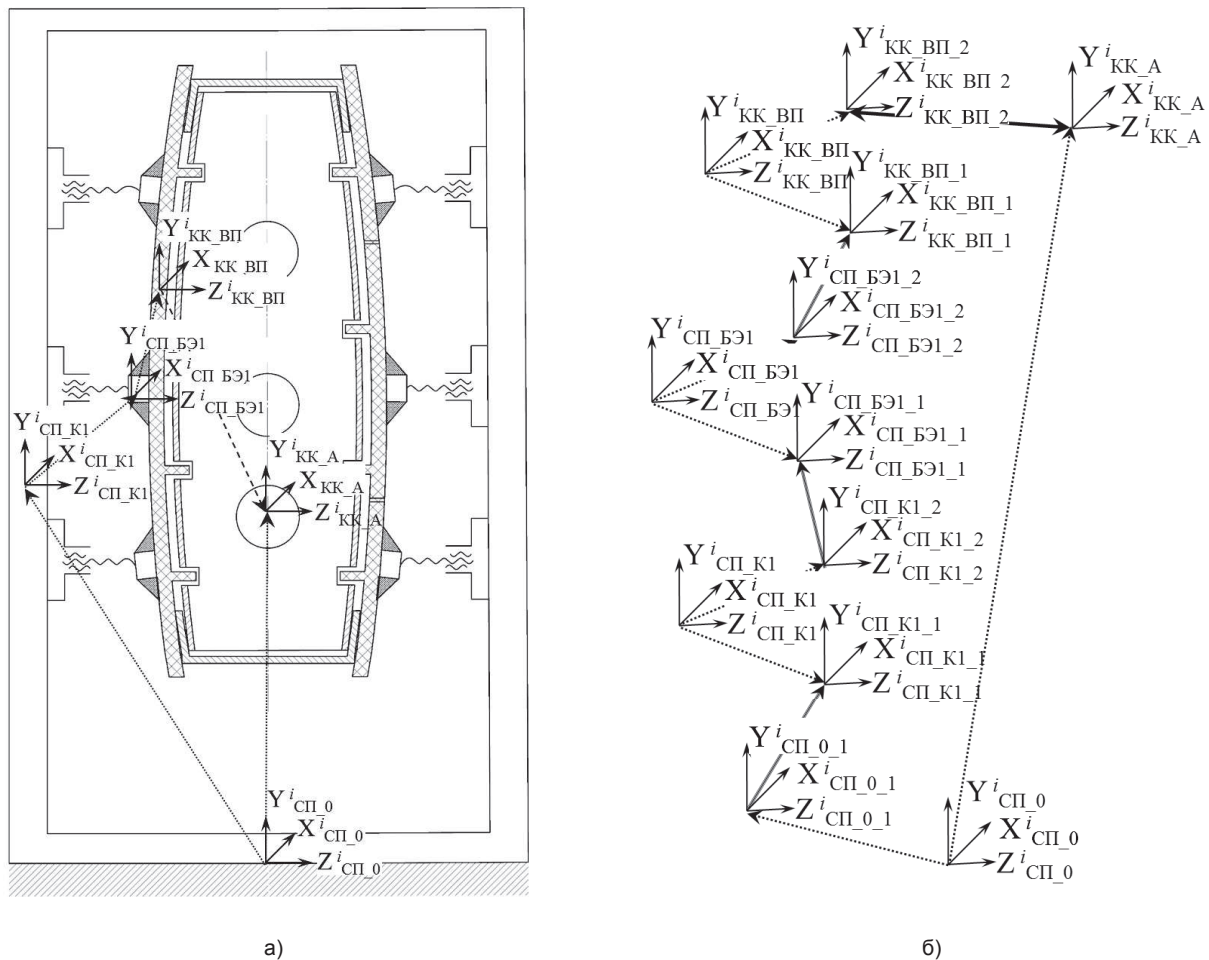


Рис. 8. Модель структуры размерной цепи кессонной конструкции из полимерно-композитных материалов в сборочном приспособлении: а) укрупненная; б) детализированная
 Fig. 8. Dimensional chain structure model of composite wing box in the assembly jig: a) enlarged; b) detailed

Использованная литература

- [1] Рудь В.Д., Герасимчук О.О., Маркова Т.П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій: Уч. посібник – Луцк: РІО ЛГТУ, 2008. – 344 с.
- [2] Исаев С.В. Модели геометрии машин в анализе точности // Компьютерная хроника. – 2000. – № 8. – с. 5–18.
- [3] Карепин П.А., Ерохин М.Н. Оценка уровня качества деталей и сборочных единиц сельскохозяйственной техники в процессе производства и ремонта. – М: МГАУ, 2002. – 103 с.
- [4] S. C. Liu, S. J. Hu, and T. C. Woo Tolerance analysis for sheet metal assemblies // ASME Journal of Mechanical Design. – 1996. – №. 118. – с. 62–67.
- [5] S. C. Liu and S. J. Hu Variation simulation for deformable sheet metal assemblies using finite element methods // ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 1997. – №. 119. – с. 368–374.
- [6] Y. J. Long and S. J. Hu A unified model for variation simulation of sheet metal assemblies // in Geometric Design Tolerancing: Theories, Standards and Applications, H. A. ElMaraghy, Ed. Chapman & Hall. – 1998. – с. 208–219.
- [7] Карепин П.А. Обеспечение качества сельскохозяйственной техники при изготовлении и ремонте моделированием размерных связей в сборочных узлах: Автореферат дис. д.т.н. – М., 2002. – 491 с.
- [8] Исаев С.В. Формирование геометрической модели для моделирования погрешностей расположения поверхностей объекта производства // Компьютерная хроника. – 2000. – № 8. – С 19–34.
- [9] Byungwoo Lee, Mohammed M. Shalaby, Ronald J. Collins Variation Analysis of Three Dimensional non-rigid Assemblies // Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing Ann Arbor, Michigan, USA, July 22–25, 2007.
- [10] K. G. Merkely, K. W. Chase, and E. Perry An introduction to tolerance analysis of flexible assemblies // Proceedings of the 1996 MSC World Users Conferences.
- [11] J. A. Camelio, S. J. Hu, and S. P. Marin, "Compliant assembly variation analysis using component geometric covariance // ASME Journal of Mechanical Design. – 2004. – №. 126/2. – с. 355–360.
- [12] R. Mantripragada and D. E. Whitney The datum flow chain // Research in Engineering Design. – 1998. – №. 10. – с. 150–165.

- [13] D. E. Whitney, R. Mantripragada, J. D. Adams, and S. J. Rhee Designing assemblies // *Research in Engineering Design*. – 1999. – №. 11. – с. 229–253.
- [14] D. E. Whitney, *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*, New York, Oxford University Press, 2004.
- [15] R. Mantripragada and D. E. Whitney Modeling and controlling variation propagation in mechanical assemblies using state transition models // *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. – 1999. – №. 15/1. – с. 124–140.
- [16] J. Jin and J. Shi State space modeling of sheet metal assembly for dimensional control // *ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*. – 1999. – №. 121/4. – с. 756–762.
- [17] Y. Ding, D. Ceglarek, and J. Shi Modeling and diagnosis of multistage manufacturing processes: part I: state space model // in *Proceedings of the Japan/USA Symposium on Flexible Automation*, Ann Arbor, MI, 2000.
- [18] Абибов А.Л. Технология самолетостроения. (Изд. 2е). – М: Машиностроение, 1982. – 551 с.

Виталий А. Пасечник – Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Кафедра интегрированных технологий машиностроения, Механико-машиностроительный институт, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
E-mail: pasichnyk@ukr.net

Контактный тел.: (044) 406-82-55
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4422-6277>

Хмуренко Алексей Александрович – Аспирант, Кафедра интегрированных технологий машиностроения, Механико-машиностроительный институт, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

E-mail: hmu_jr@ukr.net
Контактный тел.: (067) 710-11-74; (050) 709-19-77
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3631-9166>

Pasechnyk Vitaliy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Department of Integrated Manufacturing Engineering, Institute of Mechanical Engineering, National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute»

E-mail: pasichnyk@ukr.net
Contact tel.: (044) 406-82-55
Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4422-6277>

Khmurenko Aleksey – PhD student, Integrated Manufacturing Engineering Department, Institute of Mechanical Engineering, National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute»

E-mail: hmu_jr@ukr.net
Contact tel.: (067) 710-11-74; (050) 709-19-77
Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3631-9166>

Адрес для переписки:

Хмуренко Алексей Александрович
Украина, г. Киев 04214 ул. Северная 2в кв. 106

URZĄDZENIE DO POMIARU PŁASKOŚCI PIERŚCIENI TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

Device for the measurement of the flatness of piston rings of combustion engines

Andrzej ZBROWSKI, Tomasz SAMBORSKI

Streszczenie: W artykule zaprezentowano urządzenie do pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych w procesie produkcji seryjnej. Obowiązujące systemy jakości wymuszają na producencie prowadzenie bieżącej kontroli wyrobów eliminującej lub minimalizującej możliwości powstawania braków. W przypadku pierścieni tłokowych jednym z parametrów wpływającym w istotny sposób na pracę uszczelnianego węzła jest jego płaskość. Prawidłowy pomiar płaskości wymaga unieruchomienia badanego obiektu względem płaszczyzny referencyjnej. Opracowane urządzenie pozwala na zachowanie powtarzalnych warunków pomiaru związanych z wymaganym sposobem unieruchamiania, polegającym na dociśnięciu pierścienia do płaszczyzny referencyjnej z jednakową siłą w pięciu zdefiniowanych punktach. Zastosowane rozwiązanie umożliwia szybką, jednoczesną zmianę wielkości obciążenia każdego z punktów, zależną od średnicy i grubości badanego pierścienia.

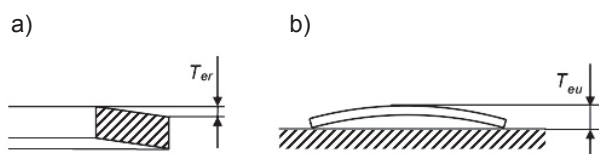
Słowa kluczowe: kontrola jakości, metodyka

Abstract: The article presents a device for the measurement of the flatness of piston rings of combustion engines in a mass production process. The existing quality systems force the manufacturers to conduct an ongoing monitoring of the products that would help them eliminate or minimise the possibility of defects. In the case of piston rings, one of the parameters that significantly influences the operation of the sealed centre is its flatness. A proper measurement of flatness requires the tested object to be immobilized along the reference plane. The developed device helps one to maintain repeatable measurement conditions connected with the required way of immobilization consisting in the pressing of the ring to the reference plane with equal force in the five defined points. The device enables quick and concurrent change in the value of the load in each point depending on the diameter and the thickness of the tested ring.

Keywords: quality control, methodology

Wprowadzenie

Sprostanie wysokim wymaganiom technicznym, stawianym producentom pierścieni tłokowych, możliwe jest jedynie dzięki utrzymaniu stabilnego procesu technologicznego, poddawanego stałej kontroli metrologicznej. Wiąże się to bezpośrednio z koniecznością posiadania odpowiedniego oprzyrządowania, pozwalającego na prowadzenie pomiarów [1] bezpośrednio w warunkach produkcyjnych. Ze względu na unikalny charakter realizowanych pomiarów istnieje potrzeba opracowywania dedykowanego oprzyrządowania, mogącego funkcjonować w specyficznych warunkach produkcyjnych [2, 3]. Jednym z wielu parametrów, charakteryzującym geometrię pierścienia tłokowego, jest jego płaskość identyfikowana w warunkach określonego obciążenia osiowego.

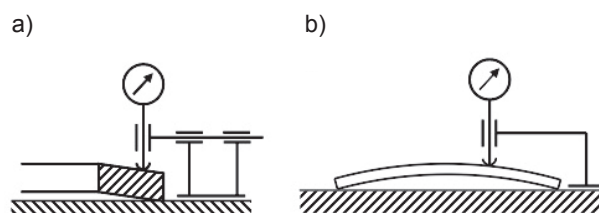


Rys. 1. Błędy płaskości pierścieni: a) skręcenie, b) wypukłość
Fig. 1. Errors in ring flatness: a) twisted, b) dished

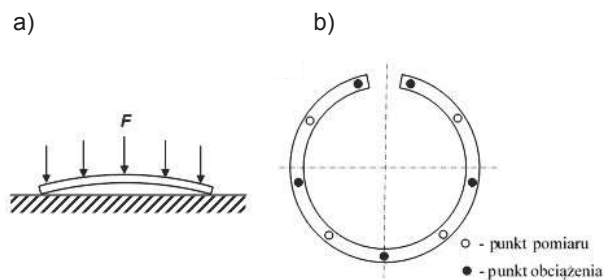
Metodyka pomiaru

Metodyka pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych może wynikać z uwarunkowań normatywnych [4] lub wewnętrznych przepisów obowiązujących u określonego producenta. Podstawowym, międzynarodowym dokumentem definiującym sposób pomiaru płaskości jest norma ISO 6621-2 z 2003 r. W przedmiotowej normie zostały zdefiniowane dwa charakterystyczne rodzaje błędów płaskości: skręcenie i wypukłość (rys. 1).

Błąd skręcenia wyznaczany jest przez pomiar różnicy odległości T_{er} od płaszczyzny referencyjnej, prowadzony w kierunku promieniowym pierścienia (rys. 2a). Wynikiem pomiaru błędu skręcenia jest maksymalna wartość zarejestrowana podczas pomiarów w zdefiniowanych



Rys. 2. Wyznaczanie błędu płaskości: a) skręcenia, b) wypukłości.
Fig. 2. Determination of the flatness error: a) twisted, b) dished.



Rys. 3. Warunki pomiaru: a) kierunek obciążenia F, b) rozkład punktów obciążenia i punktów pomiarowych na obwodzie pierścienia

Fig. 3. Measurement conditions: a) load direction F, b) distribution of load and measurement points on the circumference of the ring

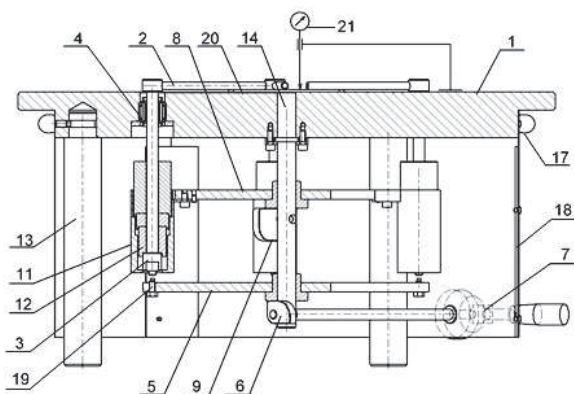
przekrojach. Miarą błędu wypukłości jest maksymalna różnica T_{eu} odległości pomiędzy płaszczyzną referencyjną i punktami znajdującymi się na powierzchni pierścienia (rys. 2b).

Właściwy docisk pierścienia jest parametrem decydującym o poprawności wykonania pomiaru. Metodę docisku pierścienia w procesie pomiaru profilu powierzchni bocznej przedstawia publikacja [5-7]. Pomiar błędów płaskości prowadzony jest w warunkach, w których mierzony pierścień dociskany jest do powierzchni referencyjnej w pięciu punktach rozłożonych równomiernie na obwodzie pierścienia (rys. 3).

Dwa z punktów umieszczone są bezpośrednio po obydwu stronach szczeliny pierścienia. W przypadku braku specjalnych wymagań określonych odrębnymi przepisami, wielkość obciążenia zależy od średnicy nominalnej pierścienia i wynosi:

- 2,5 N dla pierścieni o średnicy < 80 mm,
- 5 N dla pierścieni o średnicy \geq 80 mm.

Pomiary realizowane powinny być za pomocą sferycznej sondy o promieniu $1,5 \pm 0,05$ mm i sile nacisku końcówki pomiarowej ok. 1 N. W trakcie wyznaczania błędu płaskości T_{eu} punkty pomiaru powinny znajdować się w środku ściany pierścienia centralnie pomiędzy punktami obciążenia siłą F. W przypadku pierścieni olejowych



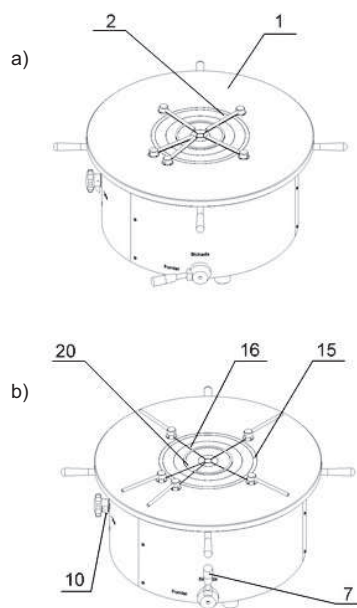
Rys. 4. Przekrój urządzenia pomiarowego (opis w tekście)
Fig. 4. Cross-section of the ring (described in the text)

punkty obciążania i pomiarowe powinny być usytuowane w obszarach mostków najbliższych zdefiniowanych pozycji (rys. 3b).

Budowa urządzenia

Konstrukcję nośną przyrządu stanowi kołowa płyta pomiarowa 1 wsparta na trzech (umieszczonych na obwodzie) nogach (13). W płycie pomiarowej wykonane jest pięć otworów, rozmieszczonych na obwodzie okręgu o średnicy większej od średnicy największego badanego pierścienia (20). Rozmieszczenie kątowe otworów wynika z przyjętej metodyki pomiaru, wymagającej równomiernego docisku pierścienia do płyty pomiarowej. W otworach osadzone są zespoły łożyskowe (4), składające się z promieniowego łożyska igiełkowego i kulkowego łożyska liniowego. Zespoły łożyskowe pozwalają na realizację niezależnego, złożonego ruchu obrotowego i liniowego osadzonych w nich docisków. Pionowe ramię docisku zakończone jest nakrętką zabierającą (3), spełniającą dwa zadania. Pierwsze to zmiana jej długości, uzyskanie jednakowego ciężaru każdego z zespołów składających się z docisku i nakrętki zabierającej. Drugim zadaniem jest przemieszczanie w pionie znajdujących się ponad nią obciążników (12). Pionowy ruch docisku wzdłuż pionowego ramienia osadzonego w zespole łożyskowym skutkuje zmianą odległości poziomego ramienia od płyty pomiarowej, umożliwiając dociskanie pierścienia.

W osi płyty pomiarowej osadzony jest wałek prowadzący (14). W dwóch promieniowych otworach wałka prowadzącego osadzone są obrotowo osie krzywek: odciążającej (6) i regulacyjnej (9). Ruch obrotowy krzywki



Rys. 5. Model 3D urządzenia (opis w tekście): a) pomiar, b) aplikacja pierścienia

Fig. 5. 3D model of the device (described in the text): a) measurement, b) application of the ring

odciążającej realizowany jest za pomocą dźwigni (7). Ruch obrotowy krzywki regulacyjnej realizowany jest za pomocą pokrętła (10) pokazanego na rys. 5. Na wałku prowadzącym osadzone są suwliwie dwa pięcioramienne krzyżaki: odciążający (5) i regulacyjny (8) o rozstawieniu kątowym ramion odpowiadającym rozmieszczeniu docisków w płycie pomiarowej. Pod wpływem siły ciężkości krzyżak odciążający styka się z powierzchnią krzywki odciążającej a krzyżak regulacyjny styka się z powierzchnią krzywki regulacyjnej. Ramiona krzyżaka odciążającego wyposażone są w popychacze (19). W pozycji pionowej rękojeści (7) – pozycja „blokada”. Krzywka odciążająca styka się z krzyżakiem odciążającym powierzchnią najbardziej oddaloną od jej osi obrotu. W pozycji tej krzyżak odciążający zostaje przemieszczony w skrajne górne położenie, któremu towarzyszy uniesienie względem płyty pomiarowej poziomych ramion docisków wspierających się na popychaczach. W górnym położeniu docisków możliwy jest ich swobodny obrót względem pionowego ramienia osadzonego w zespole łożyskowym (rys. 5).

Zmiana kąтового położenia ramienia poziomego pozwala na wygodne umieszczanie pomiędzy dociskami mierzonego pierścienia. W prawidłowym usytuowaniu pierścienia względem docisków pomagają wykonane w płycie pomiarowej obwodowe (15) i promieniowe (16) nacięcia. Nacięcia promieniowe pozwalają na ponowne ustawienie ramion poziomych docisków w położeniu gwarantującym poprawność prowadzonego pomiaru. Obrótowi rękojeści (7) do pozycji poziomej towarzyszy pionowy ruch docisków, wspartych na popychaczach, do momentu osiągnięcia kontaktu ramion poziomych z powierzchnią badanego pierścienia. W pozycji poziomej rękojeści (7) – pozycja „pomiar” krzywka odciążająca styka się z krzyżakiem odciążającym powierzchnią znacznie bliższą jej osi obrotu. W pozycji tej krzyżak odciążający zostaje przemieszczony w skrajne dolne położenie, w którym popychacze tracą kontakt z dociskiem. Badany pierścień dociskany jest w pięciu stałych punktach z zadaną siłą.

Wielkość siły dociskającej zależy od położenia kąтового krzywki regulacyjnej (9) połączonej z pokrętłem (10). Zmianie pozycji pokrętła (10) towarzyszy obrót krzywki regulacyjnej, a tym samym zmiana położenia pionowego krzyżaka regulacyjnego stykającego się z powierzchnią krzywki regulacyjnej. Końce ramion krzyżaka regulacyjnego zakończone są tulejami (11) posiadającymi czterostopniowe otwory osiowe. Wewnątrz tulei (11) umieszczone są po trzy obciążniki (12) o wymaganym procedurą pomiarową ciężarze. Ruch pionowy krzyżaka regulacyjnego w kierunku płyty pomiarowej powoduje unoszenie kolejno górnego, środkowego i dolnego obciążnika zmniejszając obciążenie od maksymalnego do minimalnego (rys. 4).

Minimalna siła docisku pierścienia wynika z ciężaru zespołu: docisk i nakrętka zabierająca. Pomiar płaskości dokonywana jest za pomocą czujnika przemieszczeń liniowych (21) (np. zegarowego), osadzonego w podstawie umieszczonej na płycie pomiarowej. Płyta pomiarowa wyposażona jest w cztery, umieszczone promieniowo rękojeści (17), służące do przenoszenia urządzenia zabezpieczonego trzema osłonami (18).

Podsumowanie

Opracowane urządzenie umożliwia prowadzenie pomiarów płaskości pierścieni tłokowych silników spalinyowych z wykorzystaniem zautomatyzowanego wyboru jednej z czterech wielkości jednostkowego obciążenia wymaganego w procesie pomiaru. Powtarzalne wywieranie jednakowego obciążenia na powierzchni pomiarowej pierścienia przyczynia się poprawy powtarzalności i odtwarzalności prowadzonych pomiarów. Rozszerzony, w stosunku do wymagań normy, zakres obciążeń został dostosowany do bieżących potrzeb procesu kontroli produkcji. Urządzenie zostało wdrożone u jednego z krajowych producentów pierścieni tłokowych.

LITERATURA

- [1] Giesko T., J. Wasiak, A. Zbrowski. 2005. „Measurements of piston ring profile using contact technique”. *Problemy Eksploatacji* (2): 31–40.
- [2] Giesko T., A. Zbrowski. 2009. „Metoda i urządzenie do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. *Pomiary Automatyka Kontrola* (5): 314–317.
- [3] ISO 6621-2: 2003. International combustion engine – piston rings. Inspections measuring principles
- [4] Jakubiec W., J. Malinowski. 1999. „Metrologia wielkości geometrycznych”. Warszawa: WNT.
- [5] Zbrowski A. 2012. „Pomiarowy docisk zwłaszcza pierścieni tłokowych”. Patent nr 210837.
- [6] Zbrowski A. 2012. „Głowica pomiarowa zwłaszcza do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. Patent nr 211468.
- [7] Zbrowski A. 2012. „Sposób pomiaru pierścieni tłokowych oraz urządzenie do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. Patent nr 211469.

Praca naukowa wykonana w ramach zamówienia z Centrum Obrabiarek i Urządzeń Specjalnych w Poznaniu

Dr inż. Andrzej Zbrowski – Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, 26-600 Radom, ul. Pułaskiego 6/10, e-mail: andrzej.zbrowski@itee.radom.pl,

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

METODA OCENY PRZYDATNOŚCI PRODUKCYJNEJ SPECJALNYCH URZĄDZEŃ MONTAŻOWYCH

Method assessment of production suitability special assembly devices

Jerzy ŁUNARSKI

Streszczenie: W pracy przedstawiono ogólne podejście do oceny jakościowej wykonywanych specjalnych urządzeń montażowych, stosowanych w przemyśle elektromaszynowym. Omówiono podstawowe wymagania względem ich jakości projektowania i wykonania oraz zaproponowano ogólną metodykę postępowania w celu określenia i porównania jakości poszczególnych opracowań. W tym celu podano propozycje ważniejszych kryteriów takich ocen, parametrów charakteryzujących te kryteria oraz omówiono sposób postępowania w celu ilościowej oceny jakościowej wytwarzanych urządzeń.

Słowa kluczowe: montaż, urządzenia specjalne, kryteria ocen

Abstract: This paper presents a general approach to the qualitative assessment carried out special assembly devices used in the electric machinery industry. They discussed the basic requirements for their quality of design and execution, and proposed a general methodology conduct in order to determine and compare the quality of individual studies. To this end, the proposals are given the most important criteria for such assessments, the parameters characterizing these criteria and discusses the procedure in order to quantitatively assess the quality of the manufactured equipment

Keywords: assembly, special equipment, the evaluation criteria

Wprowadzenie

Praktycznie we wszelkich wyrobach materialnych następuje etap końcowego montażu finalnego w trakcie którego konstytuowane są jego podstawowe właściwości użytkowe i eksploatacyjne. Z tych względów udziela się znaczącej uwagi procesom kształtującym te właściwości w końcowym cyklu wytwarzania wyrobu. Zakres tych czynności może być znaczący (wyroby elektromaszynowe, precyzyjne, pomiarowe) lub niewielki (pakowanie, zakręcanie, składanie). Trudności techniczne tych operacji zależą od takich czynników jak: skala produkcji, dokładność wykonania, przeznaczenie wyrobu, wymagania niezawodności i bezpieczeństwa oraz złożoność technologiczna operacji, wymagająca albo kwalifikowanej pracy ręcznej lub specjalnego rozwiązania urządzenie montażowego o wymaganej znacznej wydajności. Z tych względów urządzenia takie są projektowane i wykonywane na specjalne zamówienia, a powtarzalność ich realizacji jest znikoma lub też są one częściowo przerabiane dla sprostanienia odmiennym wymaganiom.

Zarys procesu wytwarzania

Potrzeba specjalnego urządzenia montażowego pojawia się albo w trakcie planowania uruchomienia produkcji nowego wyrobu lub po uruchomieniu, gdy okazuje się, że pracochłonność prac ręcznych jest nadmierna albo nie

zapewnia wymaganej dokładności wykonania. Dotyczy to przeważnie odrębnych operacji montażowych, które wydawały się proste, a okazały się skomplikowane. Wytwarzaniem takich obiektów zajmują się wyspecjalizowane firmy, które (dzięki zdobytym doświadczeniom i wiedzy) mogą je szybko zaprojektować i wykonać. W tym celu zamawiający musi przygotować dokładne zestawienie cech, właściwości i zasadniczych parametrów technicznych urządzenia, na podstawie których możliwe będzie skalkulowanie pracochłonności prac projektowych i wytwórczych oraz kosztów i terminu dostawy zamawiającemu. Do szczególnie ważnych informacji początkowych należą następujące:

- technologia wykonania operacji montażowej oraz dopuszczalność wprowadzenie w niej zmian,
- wymagana wydajność godzinowa teoretyczna i praktyczna, uwzględniająca przerwy związane z obsługą bieżącą,
- wymagana dokładność wykonania połączeń montażowych i sposoby kontroli tej dokładności,
- wymagany poziom bezpieczeństwa obsługi i mienia oraz wymagane systemy zabezpieczeń,
- wymagany poziom obsługi osobowej lub czasu pracy autonomicznej urządzenia,
- w zamówieniach niekiedy wskazywane są również: pożądane systemy sterowania, pożądane układy handlowe określonych producentów, poziom zabezpieczeń bezpieczeństwa i konieczne do tego środki.

W zamówieniach mogą być również wskazane inne wymagania dotyczące: cech ekologicznych urządzenia, poziomu jego niezawodności, konieczności wkomponowania w określoną linię produkcyjną, ograniczeń cenowych lub terminu dostawy oraz sprecyzowania warunków serwisowania urządzenia przez producenta w początkowym okresie eksploatacji i inne.

Na podstawie zamówienia wykonawca przygotowuje ofertę ze wskazaniem ideowych rozwiązań, wskazaniem sposobów spełnienia poszczególnych wymagań, gdy zachodzi potrzeba konsultuje się z zamawiającym celem uszczegółowienia warunków zamówienia oraz podaje możliwy do zrealizowania termin dostawy oraz warunki płatności. Zamówienie wraz z ofertą zwrotną jest podstawą negocjacji ostatecznych rozwiązań, terminu realizacji oraz ceny – jeśli kwestie te zostaną uzgodnione i podpisana zostanie wiążąca umowa to wykonawca może przystąpić do rozpoczynania prac. Pojawiające się kwestie sporne powinny być rozwiązywane wspólnie z zamawiającym, a wyniki uzgodnień zawarte w odpowiednich aneksach do umowy.

Ogólne zagadnienia ocen jakościowych urządzeń montażowych

Proces wytwarzania specjalnych urządzeń montażowych realizowany jest najczęściej jako jednostkowa produkcja prototypowa, mimo iż szereg elementów składowych może być wytwarzany seryjnie przez zamawiającego lub innych wytwórców i dostępny w sieciach handlowych. Podstawą odbioru są uzgodnione warunki techniczne wykonania i niekiedy inne, wynikające z przepisów prawa (bezpieczeństwo, ergonomiczność, ekologiczność). Do kwestii spornych można zaliczyć poziom niezawodności (jeśli nie został sprecyzowany w zamówieniu), problemy obsługi bieżącej, problemy obsługi pogwarancyjnej i inne. Zamawiający, chcąc zadowolić odbiorcę i pozyskiwać nowych klientów, powinien prowadzić ukierunkowaną działalność w celu doskonalenia swoich wyrobów i zwiększania konkurencyjności przez stosowanie rozwiązań zadowolających klientów. Dotyczy to zwłaszcza polepszania jakości opracowań, redukcji kosztów ich wytwarzania oraz redukcji cykli czasowych, koniecznych dla realizacji poszczególnych etapów opracowania tzn.: projektowania, koniecznych badań eksperymentalnych i modelowych, wytwarzania i dopracowania jakościowego.

Przy ustabilizowanej produkcji seryjnej można stosunkowo łatwo identyfikować mankamenty i wprowadzać przedsięwzięcia ulepszające. Natomiast zróżnicowana produkcja jednostkowa specjalnych urządzeń montażowych wymaga nieco odrębnego podejścia dla usprawniania całokształtu działalności. Identyfikacja mankamentów będzie możliwa w przypadku porównania każdego wykonywanego egzemplarza z pewnym wzorcem, którym może być: urządzenie podobne wykonane wcześniej, podobne urządzenie oferowane na rynku przez konkurencję lub wyobraźalne urządzenie

idealne o cechach pożądanym w urządzeniu wytwarzanym. W celu przeprowadzenia oceny jakościowej należy wybrać kilka (przeważnie 5–7) kryteriów najbardziej charakterystycznych dla wytwarzanego urządzenia, stanowiących podstawę oceny. Dla każdego wybranego kryterium należy wybrać mierzalny parametr, umożliwiający scharakteryzowanie ilościowe wartości kryterium (niekiedy takich parametrów może być kilka i należy wybrać najodpowiedniejszy). Kolejnym krokiem oceny jest zaprojektowanie dla każdego kryterium skali pięciostopniowej, wiążącej rzeczywiste wartości wybranego mierzalnego parametru z poszczególnymi stopniami skali kryterialnej. Przybliżone zalecenia w sprawie projektowania takich skal są następujące:

- stopień 1 na skali powinien odpowiadać wartościom parametru niepożądanym, które nie odpowiadają ogólnie przyjętym wymaganiom możliwym stosunkowo łatwo do uzyskania z pomocą współczesnych środków technicznych,
- stopień 3 na skali powinien odpowiadać sytuacjom powszechnie spotykanym i łatwo realizowanym za pomocą dostępnych środków technicznych,
- stopień 5 powinien odpowiadać sytuacjom wysoce pożądanym ze względów eksploatacyjnych, lecz trudno realizowanym z pomocą dostępnych środków technicznych,
- stopnie 2 i 4 odpowiadają sytuacjom pośrednim między 1 i 3 lub 3 i 5.

Zalecane kryteria ocen specjalnych urządzeń montażowych

Istnieje bardzo duża różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń montażowych, powodowana różnorodnością wyrobów, stosowanych technologii montażu oraz wydajności koniecznej dla spełnienia potrzeb zamawiającego. W celu systematycznej poprawy jakościowej wytwarzanych urządzeń, wskazana jest ich ocena wg odpowiednio dobranych kryteriów. Poniżej przytoczono ważniejsze kryteria, z których można wybrać 5–7 najbardziej odpowiadających wytwarzanemu urządzeniu i względnie dodać nowe kryterium, uwzględniające specyficzne cechy urządzenia, których nie wyrażają wyszczególnione kryteria. Do zalecanych kryteriów oceny można zaliczyć następujące:

1. Stopień zautomatyzowania (SA) czynności głównych i pomocniczych w trakcie realizowania cyklu montażowego. Parametrem umożliwiającym taką ocenę może być okres czasu bezpośredniej obsługi urządzenia w trakcie realizowania cykli montażowych, przy czym 1 na skali oznacza konieczność stałej obsługi w trakcie zmiany roboczej, a 5 oznacza autonomiczną pracę urządzenia w trakcie zmiany roboczej. Punkty w skali 2–4 to wartości pośrednie.
2. Niezawodność pracy (NP) urządzenia, którą można charakteryzować średnim czasem przestojów powodowanych przyczynami technicznymi w trakcie zmiany roboczej (zacięcia, blokady, usterki), przy

- czym 1 oznacza 30% przestoju w trakcie pracy dwuzmianowej, zaś 5 oznacza brak takich przestoju.
3. Jakość operacji montażowej (JM), którą można oceniać liczbą braków montażowych w jednostce czasu lub czasem koniecznym dla poprawienia wad montażu. W takim przypadku 5 oznacza brak wad montażowych w przyjętym okresie czasu, zaś 1 oznacza np. 1 wadę w ciągu 4 godz. pracy.
 4. Czas obsługi urządzenia (OU), w trakcie planowanych przestoju przeznaczony na wykonywanie czynności obsługowych. Można przyjąć np., że 1 odpowiada 3 godz. w okresie pracy dwuzmianowej, zaś 5 odpowiada 0,5 godz.
 5. Współczynnik sprawności (WS) energetycznej urządzenia uzależniony od rozwiązań konstrukcyjnych. Można przyjąć, że 1 odpowiada sprawności na poziomie 0,2–0,3 zaś 5 odpowiada sprawności na poziomie 0,7–0,8.
 6. Materiałochłonność urządzenia (MU), którą można oceniać na podstawie ilorazu ciężaru urządzenia do sumy mocy silników zainstalowanych w urządzeniu. Jest to wskaźnik względny, zależny od gabarytów i ciężaru montowanych na urządzeniu elementów i wskazanym jest go ustalać w zależności od przyjętych rozwiązań.
 7. Bezpieczeństwo pracy (BP) urządzenia, które można charakteryzować na podstawie oceny stopnia ryzyka. Ocenę taką można dokonać wg normy PN – N 18002, korzystając ze skali 5-stopniowej, przy czym ryzyko na poziomie 1 odpowiadać będzie wartości 5, a ryzyko na poziomie 5 – wartości 1.
 8. Stopień znormalizowania (SN) rozwiązań zastosowanych w urządzeniu, które można oceniać stosunkiem ilości części znormalizowanych (w tym również elementów z poprzedniej produkcji) do ogólnej liczby elementów urządzenia. Można przy tym przyjąć następujące wartości: 0,1–0,15 – odpowiada to 1 punktowi skali, zaś jeśli wynosi to 0,8–0,85 – odpowiada to 5 punktom na skali.
 9. Właściwości ekologiczne (WE) urządzenie, które można charakteryzować stopniem szkodliwego oddziaływania urządzenia na środowisko. Urządzenia montażowe przeważnie są ekologiczne i wówczas przyporządkowuje się im wartość 5 punktów na skali, natomiast jeśli występują szkodliwe oddziaływania (zapylenie, promieniowanie, oleje, związki toksyczne lub inne) to należy opracować odpowiednią skalę ich szkodliwości tak, aby przy dużej szkodliwości odpowiadało to punktowi 1 na skali.
 10. Możliwość adaptacyjnej optymalizacji (AO) parametrów montowanego zespołu. Kryterium to dotyczy tylko urządzeń, które mają takie układy. W takim przypadku konieczne jest indywidualne podejście do opracowania skali ocen i wyznaczenie wybranej wartości użytkowej przyporządkowanej do skali 1–5.
 11. Zamiast kryterium SA można przyjąć kryterium czasu autonomicznej pracy (AP), charakteryzujące czas

możliwego funkcjonowania bez interwencji obsługi. W zależności od potrzeb produkcyjnych można przyjąć np., że 16 godz. pracy (praca dwuzmianowa) bez obsługi odpowiada 5 punktom, a 2 godz. odpowiadają 1 punktowi.

12. Ważnym kryterium urządzeń montażowych, lecz trudnym do ocen porównawczych jest wydajność urządzenia (WU), dostosowywana do potrzeb produkcyjnych (warunek zamawiającego). Montowane połączenie lub zespół przeważnie mogą zawierać od 2 do 12 elementów, a ich ciężary mogą wahać się od kilkunastu gramów do kilku kilogramów. Dla celów porównawczych ocen można rozpatrywać umowy zespół o określonym ciężarze i ilości części i opracować współczynniki poprawkowe charakteryzujące trudności montażu odmiennych rozwiązań i traktować, że podobne zależności odnoszą się również do wydajności.

Ocena porównawcza jakości wykonania urządzenia

W przypadku wytwarzania szeregu specjalnych urządzeń montażowych o podobnym przeznaczeniu i z wykorzystaniem standardowych modułów można oceniać każde konkretne wykonanie, celem upewnienia się o ewentualnym procesie doskonalenia kolejnych opracowań. W tym celu należy wybrać 5-7 kryteriów, w każdym wybrać charakterystyczny parametr dla jego oceny i opracować skalę o rozpiętości 1-5 punktów wraz z odpowiadającymi im wartościami wybranego parametru. Następnie w trakcie prób urządzenia zarejestrować rzeczywiste wartości przyjętych parametrów i wyznaczyć odpowiadające im punkty na skali 5-stopniowej.

Średnia arytmetyczna ocen ze skali 5-punktowej wskaże na jakość opracowania. Jeśli będzie ona w przedziale 4-5 to świadczy to o wysokim poziomie jakościowym wykonania. Gdy będzie w przedziale 3-4 – jest to porównywalna jakość z poprzednimi opracowaniami, natomiast ocena poniżej 3 świadczy o pogorszeniu jakości wykonania urządzenia w stosunku do poprzednich wykonania. Jeśli wybrane kryteria różnią się pod względem znaczenia dla użytkownika to można przyjąć odpowiednie współczynniki wagowe dla poszczególnych kryteriów i obliczyć wartość średnią ważoną oceny ostatecznej. Otrzymany wynik oceny wskazuje na ile konkretne opracowanie odbiega od rozwiązania idealnego (tzn. takiego w którym ocena wniosłaby 5) lub jaka jest różnica między poszczególnymi wykonywanymi urządzeniami. Jeśli końcowa ocena ma tendencje wzrastające – świadczy to o polepszaniu jakościowym opracowań. W przeciwnym przypadku świadczyć będzie o regresie w wykonywanych opracowaniach. Wyniki takich analiz, mimo ich pracochłonności, mogą być dobrym wskaźnikiem doskonalenia jakościowego zespołu projektowego i wykonywanych urządzeń lub wskazywać na nieoczekiwane trudności i konieczność wzmoczenia wysiłków w celu poprawy wyników.

Wnioski

Specjalne urządzenia montażowe są bardzo zróżnicowane pod względem rozwiązań konstrukcyjnych, w związku z czym dla ich porównawczych ocen jakościowych należy przygotować zindywidualizowany system ocen składający się z: kryteriów dobrze charakteryzujących potrzeby produkcyjne, parametrów umożliwiających przybliżoną ocenę w poszczególnych kryteriach, skale wiążące te parametry z 5-stopniową skalą oceny i jeśli jest to konieczne – wskazanie odpowiednich współczynników wagowych dla każdego kryterium. Końcowa ocena konkretnego urządzenia wg przyjętej metody polega na porównaniu wyniku oceny z oceną maksymalnie możliwą, tzn. 5 lub z oceną innych analogicznych urządzeń, co wskaże na ewentualne doskonalenie opracowania lub jego regres w stosunku do rozwiązania przyjętego jako bazowe. Systematycznie prowadzone podobne analizy

dla kolejno wykonywanych urządzeń umożliwią wyjawianie nieoczekiwanych trudności i stymulują dążenie do ciągłego doskonalenia opracowań.

LITERATURA

- [1] Chołodkowa A.G. (red.). 2010. „Technologia awtomatycznej sborki”. *Maszynostrojenije*, Moskwa.
- [2] Łunarski J. 2008. „Techniczno-organizacyjne aspekty konkurencyjności”. Rzeszów: OW PRz.
- [3] Łunarski J. 2009. „Zarządzanie technologiami”. Rzeszów: OW PRz.
- [4] Wołczkiewicz L.I. 2005. „Awtomatizacja proizwodstwiennych processow”. *Maszynostrojenije*, Moskwa.

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

MODULARYZACJA PROCESÓW SZKOLENIA OPERATORÓW MASZYN BUDOWLANYCH

Modularisation of operator training process of construction machinery

Kazimierz RYCHLIK

Streszczenie: W artykule przedstawiono modułowy proces szkolenia operatorów maszyn roboczych z wykorzystaniem technik symulacji. Przedstawiono analizę i wyniki postępów nabywania umiejętności oraz efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn z wykorzystaniem symulatora koparki jednonaczyniowej Volvo ECX210.

Słowa kluczowe: szkolenie zawodowe, operator koparki, symulator.

Abstract: This paper presents a modular process of working machines operator training using simulation techniques. We present an analysis of the progress and results of the acquisition of skills and effectiveness of the use of the machine in practical training of machine operators using a simulator Excavators with one bucket Volvo ECX210.

Key words: vocational training, excavator operator, simulator

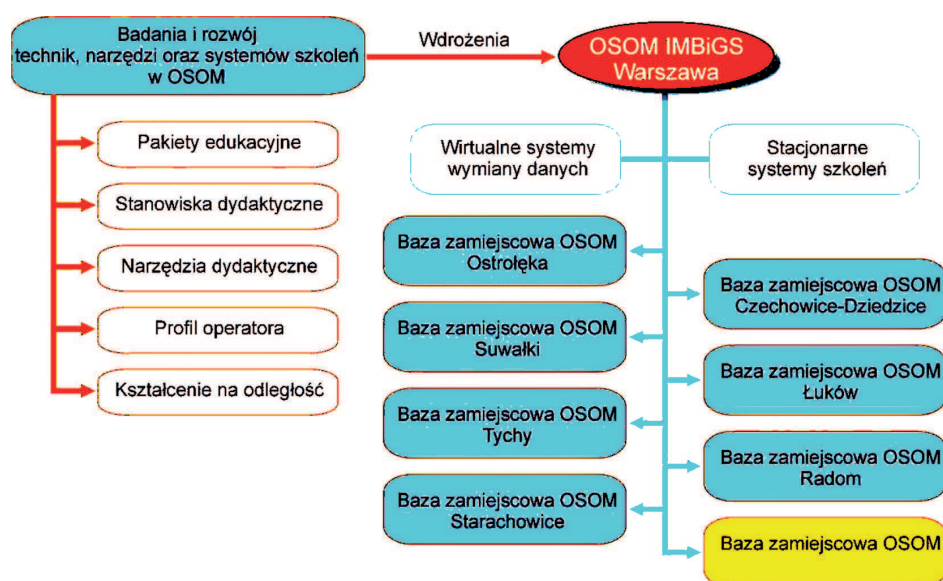
W Doświadczalnym Ośrodku Szkolenia Operatorów Maszyn IMBiGS prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, których głównym celem jest ocena wpływu stosowanych nowych technik, narzędzi oraz systemów szkoleń na skuteczność dydaktyczną w procesie szkolenia zawodowego i ustawicznego osób dorosłych w formach pozaszkolnych.

Struktura i metodyka prac badawczo-rozwojowych (rys. 1) umożliwia uzyskanie wyników będących wytycznymi do wdrożeń dla podnoszenia końcowej jakości szkoleń. Badania i rozwój technik, narzędzi oraz systemów szkoleń prowadzone w Doświadczalnym Ośrodku Szkolenia Operatorów Maszyn IMBiGS, realizowane są

głównie w obszarach szkolenia zawodowego i ustawicznego osób dorosłych w formach pozaszkolnych.

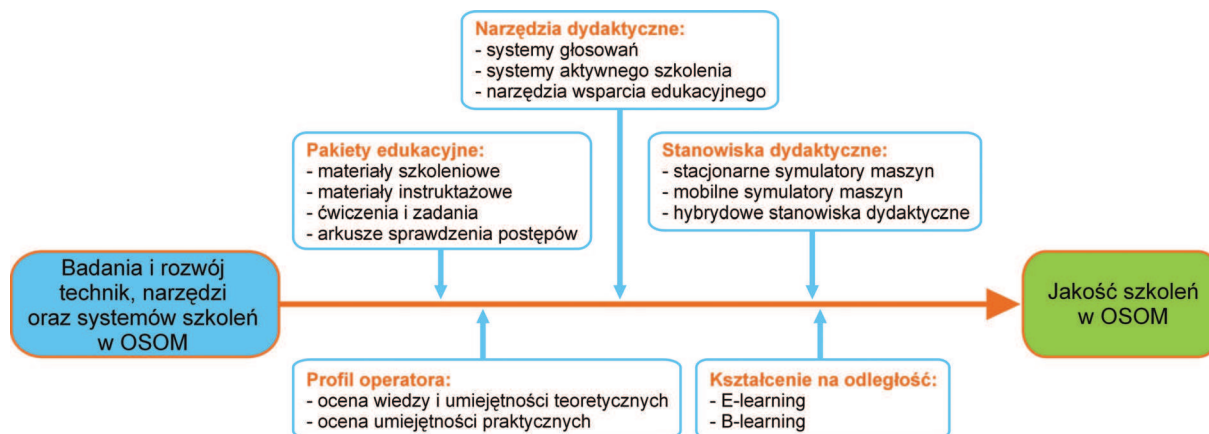
Projekty realizowane są na wielu płaszczyznach. Stale opracowywane są nowoczesne techniki i narzędzia edukacyjne, dostosowane do wymagań szkoleń operatorów maszyn budowlanych, wśród których dominujące miejsce zajmują:

- **pakiety edukacyjne** – materiały dydaktyczne dostosowane do modułowych programów szkolenia zawodowego, wśród których znajdują się: materiały szkoleniowe, materiały instruktażowe, ćwiczenie i zadania sprawdzające, arkusze sprawdzenia postępów uczenia się,



Rys. 1. Struktura i metodyka prac badawczo-rozwojowych w DOSOM

Fig. 1. The structure and methodology of research and development in DOSOM



Rys. 2. Proces rozwoju technik i narzędzi dydaktycznych w DOSOM
Fig. 2. The process of developing techniques and teaching tools in DOSOM

- **stanowiska dydaktyczne** – stacjonarne i mobilne stanowiska symulujące pracę maszyn budowlanych, szczególnie w trudnych i niebezpiecznych warunkach pracy operatora,
- **narzędzia dydaktyczne** – interaktywne narzędzia prezentacji i koordynacji szkoleń zgodnie z programami nauczania oraz parametrycznej i stałej kontroli postępów uczenia się,
- **profil operatora** – opis i parametryzacja cech oraz predyspozycji operatora na kontrolnych poziomach szkoleń w oparciu o statystyki reakcji i zachowań w symulowanych warunkach pracy,
- **kształcenie na odległość** – wdrożenia nowych technik komunikacji w oparciu o nowoczesne narzędzia i stanowiska dydaktyczne, w tym e-learningu i b-learningu. B-learning jest mieszanym sposobem uczenia się, polegającym na łączeniu zajęć przy pomocy komputerowych technik komunikacji (on-line) ucznia i nauczyciela z tradycyjnymi zajęciami („twarzą w twarz”), służącymi doskonaleniu i potwierdzaniu przyswojonej wiedzy. Celem nadrzędnym prac badawczo-rozwojowych jest opracowanie skutecznego kształtowania kompetencji zawodowych operatorów maszyn do robót ziemnych budowlanych i drogowych zgodnie ze współczesnymi

Tabela 1. Przykład diagramu modułowego programu nauczania maszyn roboczych grupy I w zakresie III klasy uprawnień
Tabele 1. Example diagram of a modular curriculum working machines group I in terms of class III powers

Gr.	Lp.	Specjalność	Moduły					
I	1	Koparki jednonaczyniowe	M-0	MGI-1	MGI-2	MSI-1.1	MSI-1.2	MSI-1.3
	2	Koparkoładowarki				MSI-2.1	MSI-2.2	MSI-2.3
	3	Koparkospycharki				MSI-3.1	MSI-3.2	MSI-3.3
	4	Spycharki				MSI-4.1	MSI-4.2	MSI-4.3
	5	Równiarki				MSI-5.1	MSI-5.2	MSI-5.3
	6	Zgarniarki				MSI-6.1	MSI-6.2	MSI-6.3
	7	Ładowarki jednonaczyniowe				MSI-7.1	MSI-7.2	MSI-7.3
	8	Koparki wielołańcuchowe				MSI-8.1	MSI-8.2	MSI-8.3
	9	Wielozadaniowe nośniki osprzętowe				MSI-9.1	MSI-9.2	MSI-9.3

Legenda:

- M-0 – Ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy,
- MGI-1 – Ogólna budowa maszyn oraz układy napędowe,
- MGI-2 – Użytkowanie i eksploatacja,
- MSI-x.1 – Budowa maszyny,
- MSI-x.2 – Technologia robót,
- MSI-x.3 – Zajęcia praktyczne.

wymaganiami rynku pracy zarówno w Polsce jak i całej Unii Europejskiej.

Zakres badań w szkoleniach jest złożony ze względu na wiele występujących obszarów, powiązanych ze sobą strukturalnie, jednak różnych pod względem technicznym i merytorycznym. Obszary w wielu miejscach przenikają się ze sobą tworząc zwartą strukturę, która odpowiednio wypełniona merytorycznie umożliwia uzyskanie wysokiej jakości w szkoleniach operatorów maszyn. Proces rozwoju technik i narzędzi dydaktycznych postępuje i zmienia się adekwatnie do zewnętrznych wymagań rynkowych oraz ustawowych.

Modularyzacja procesów nauczania

W celu optymalnego prowadzenia badań nad skutecznością szkoleń wszystkie maszyny i urządzenia zostały podzielone na 9 grup maszyn i urządzeń technologicznie podobnych. W każdej grupie znajdują się inne maszyny i urządzenia, dla których w DOSOM opracowywane i badane są pilotowe pakiety edukacyjne. Pakiety są zgodne z programami nauczania w określonych specjalnościach, co umożliwia właściwą ocenę pilotowych pakietów edukacyjnych:

- Grupa I – Maszyny samojezdne do robót ziemnych.
- Grupa II – Pozostałe maszyny do robót ziemnych.
- Grupa III – Maszyny do robót drogowych.
- Grupa IV – Drobny sprzęt do robót ziemnych i drogowych.
- Grupa V – Wytwórnice.
- Grupa VI – Urządzenia do produkcji i transportu bliskiego materiałów budowlanych.
- Grupa VII – Urządzenia do produkcji energii.
- Grupa VIII – Pozostałe maszyny i urządzenia.
- Grupa IX – Wytwórnice.

Badania modułu MSI-1.3

Celem badań modułu MSI-1.3 było określenie skuteczności dydaktycznej technik symulacji w szkoleniu



Rys. 3. Stanowisko badawcze (symulator koparki Volvo ECX210)
Fig. 3. The test (Volvo excavator simulator ECX210)

praktycznym operatorów maszyn budowlanych. Badania postępu w szkoleniu operatorów maszyn w DOSOM IMBiGS zostały przeprowadzone:

- z wykorzystaniem symulatora koparki Volvo ECX210,
- dla operatorów koparek jednoznaczniowych w zakresie III-ej klasy uprawnień,
- dla 7 grup szkoleniowych.

Badania skuteczności dydaktycznej technik symulacji (modułu MSI-1.3) w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn budowlanych – badania postępu w zdobywaniu umiejętności praktycznych prowadzone były na stanowisku badawczym zbudowanym z:

- symulatora treningowego (rys. 3),
- scenariuszy treningowo-szkoleniowych,
- tablicy interaktywnej,
- systemu pomiaru i rejestracji wyników.

Badania skuteczności dydaktycznej technik symulacji w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn budowlanych prowadzone były na grupie 68 kursantów, podzielonych na 7 podgrup po 9–10 osób. Analiza opracowana została dla 7 grup szkoleniowych, w których rejestrowane były wyniki jakości końcowej szkolenia.

Analiza postępów w szkoleniu operatorów maszyn

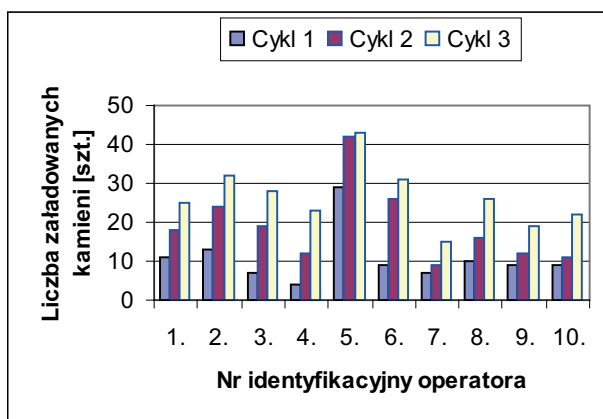
Do przeprowadzenia badań zostały wybrane 3 zadania:

1. Załadunek kamieni na samochód:
 - cel: załadunek jak największej liczby kamieni,
 - czas realizacji zadania: 3 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: za każde uderzenie w burtę samochodu punkty karne (-1 kamień za uderzenie).
2. Załadunek ziemi na samochód:
 - cel: załadunek jak największej ilości ziemi,
 - czas realizacji zadania: 3 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: za każde uderzenie w burtę samochodu punkty karne (-0,8 m³ ziemi za uderzenie).
3. Wbijanie przeszkód:
 - cel: wbicie jak największej liczby przeszkód,
 - czas realizacji zadania: 1,7-2,5 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: maks. 50 przeszkód.

Wyniki analizy postępów w szkoleniu operatorów maszyn

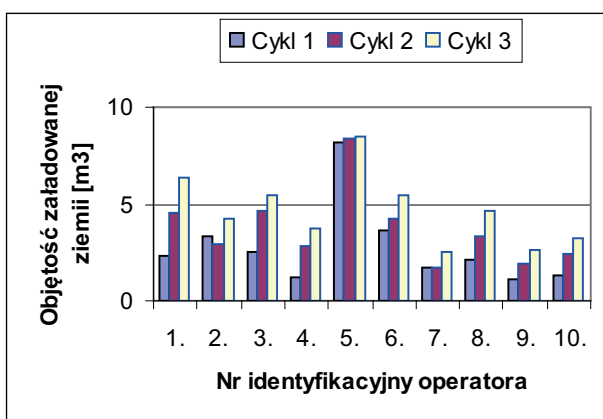
Wyniki analizy postępów w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn zostały przedstawione dla wybranej grupy badawczej 6-7/XX-X-XIV. Przedstawione na rys. 4, 5 i 6 wyniki dotyczą postępów w nabywaniu przez operatorów umiejętności sterowania i pracą maszyną roboczą. Praca każdego operatora była rejestrowana w 3 cyklach powtórzeniowych dla poszczególnego zadania.

Z analizy postępów nabywania umiejętności wynika, że umiejętności kursantów wzrastają proporcjonalnie do



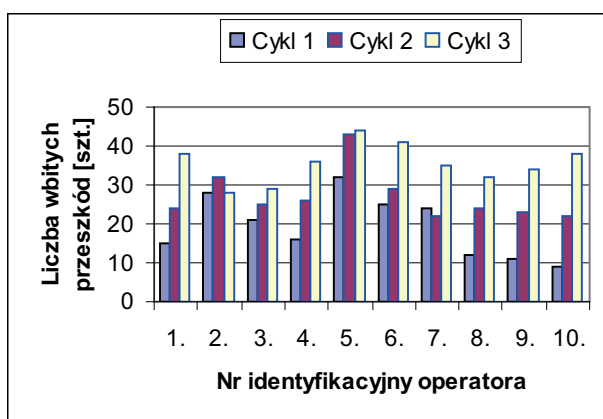
Rys. 4. Wyniki zadania 1: Załadunek kamieni na samochód w [szt.] – (czas określony – 3 min.)

Fig. 4. Results job 1: Loading stones at the car in [pcs.] – (fixed period – 3 min.)



Rys. 5. Wyniki zadania 2: Załadunek ziemi na samochód w [m³] – (czas określony – 3 min.)

Fig. 5. Results task 2: Loading the land for the car in [m³] – (fixed period – 3 min.)



Rys. 6. Wyniki zadania 3: Wbijanie przeszkód w [szt.] – (czas określony – ok. 2 sek./1szt. – łącznie 50 szt.)

Fig. 6. Results task 3: Sticking obstacles [pcs.] – (fixed term – approx. 2 sec. / 1 pcs. – total 50 pcs.)

czasu spędzonego na treningu w symulatorze. Trend postępu w nabywaniu umiejętności oraz rozrzut uzyskiwanych wyników zależy zdecydowanie od umiejętności, jakie kursant ma na początku szkolenia. Zauważalna jest zależność, w której osoby uzyskujące początkowo najniższe wyniki osiągają największy przyrost postępu nabywania umiejętności, zaś osoby o wysokich wynikach – najmniejszy przyrost umiejętności. Rozrzut uzyskiwanych wyników w grupach (najlepszy i najgorszy operator) wykazuje tendencję zmniejszającą się w kolejnych cyklach porównawczych (w kolejnych zadaniach powtórkowych 20–50%). Wynika z tego, że osoby o niskich umiejętnościach szybciej je nabywają. Wyniki osób najlepszych ulegają silnej stagnacji (silnie zwalniają się przy pewnym poziomie umiejętności).

Analiza efektywności eksploatacji maszyny

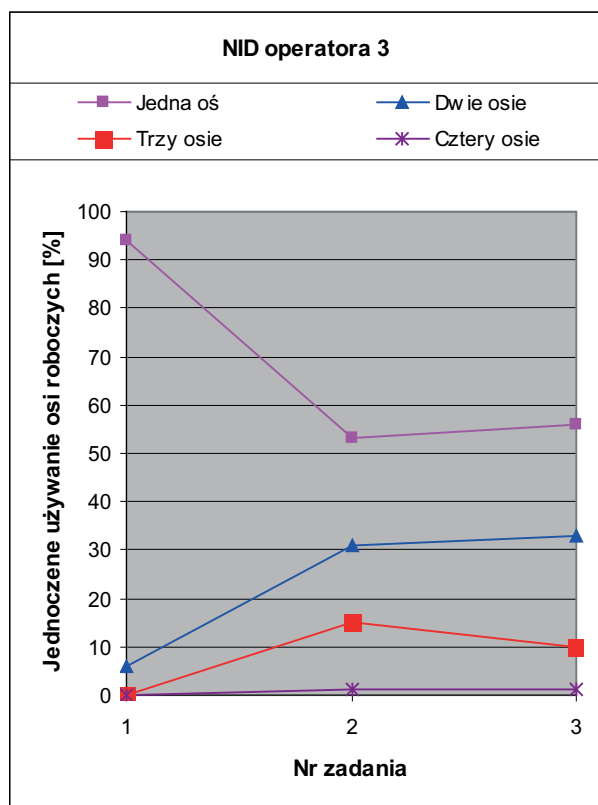
Została przeprowadzona analiza dla 2 grup szkoleniowych, w których rejestrowane były wyniki statystyczne. Do przeprowadzenia badań wybrane zostały 3 zadania:

1. Jazda maszyną
 - cel: wykonanie całego zadania (podebranie i umieszczenie w określonym miejscu kuli o masie 5 t, przejazd między pachółkami po łuku, przejazd przez muldy, parkowanie tyłem, wyłączenie silnika),
 - czas realizacji zadania: nielimitowany,
 - warunki: za każde uderzenie w pacholek punkty karne (-5 s czasu za każde uderzenie),
 - wynik: czas wykonania zadania.
2. Wykonanie rowu prostego
 - cel: wykonanie całego zadania,
 - czas realizacji zadania: nielimitowany,
 - warunki: poprawne wykonanie min. 60% wykopu,
 - wynik: czas wykonania zadania.
3. Wykonanie rowu złożonego
 - cel: wykonanie całego zadania,
 - czas realizacji zadania: brak,
 - warunki: wykonanie min. 60% wykopu,
 - wynik: czas wykonania zadania.

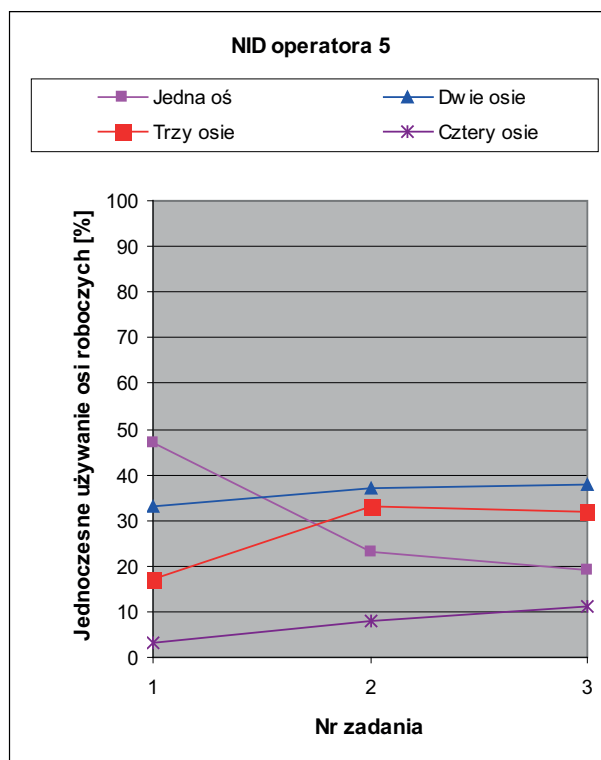
Analiza efektywności eksploatacji maszyny

Wyniki analizy efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn zostały przedstawione dla dwóch operatorów z wybranej grupy badawczej 6-7/XX-X-XIV. Przedstawione na rys. 7 i 8 wyniki dotyczą postępów efektywności eksploatacji maszyny 2 operatorów wybranych z grup o niskich (NID 3) i wysokich (NID 5) umiejętnościach początkowych.

Na rys. 7 dominujące jest wykorzystanie przez operatora o niskich umiejętnościach początkowych w pierwszym zadaniu jednej osi roboczej. Pozostałe osie są wykorzystywane sporadycznie. W kolejnych zadaniach



Rys. 7. Jednoczesne użycie osi roboczych – operator z małym doświadczeniem początkowym
Fig. 7. Simultaneous use of working axis – the operator with little experience early



Rys. 8. Jednoczesne użycie osi roboczych – operator z dużym doświadczeniem początkowym
Fig. 8. Axis simultaneous use of working – the operator with extensive experience starting

jednak wykorzystanie osi mocno się zmienia i zbliża do prawidłowego przedziału 20–50%.

Na rys. 8 widać, iż operator o wysokich umiejętnościach początkowych już od pierwszego zadania wykorzystuje jednocześnie wszystkie osie robocze w przedziale 20–50%. Kolejne zadania wskazują na możliwość zwiększenia jednoczesnego wykorzystania osi roboczych przez operatora NID 5.

Wykonanie zadania szkoleniowego rejestrowane było przez komputerowy system pomiaru i rejestracji wyników, a następnie generowane w formie raportu. Zależnie od zadania szkoleniowego wiodącym parametrem uzyskanego wyniku był określony czas wykonania zadania oraz kompletność poszczególnych jego etapów. Czas na wykonanie zadania był określany na dwa sposoby:

- przez limit czasu, w którym należało wykonać zadanie. Po upływie tego czasu następowało systemowe przerwanie zadania szkoleniowego, a wynik podany został jako np. liczba załadowanych kamieni lub objętość załadowanej ziemi,
- przez czas, w którym zadanie szkoleniowe wraz z jego poszczególnymi etapami kontrolnymi zostało kompletnie wykonane.

Tylko zadanie szkoleniowe kompletnie ukończone pozwalało na generowanie raportu stanowiącego podstawę do oceny końcowej całego zadania oraz postępów

w szkoleniu i efektywności eksploatacji maszyny. W przypadku błędnego wykonania zadania, a więc zakwalifikowanego przez system jako „ocena negatywna”, zadanie to było powtarzane w kolejnym cyklu szkoleniowym. Punkty karne zliczane przez system przy nieprawidłowym wykonaniu zadania szkoleniowego skutkowały odpowiednio do rodzaju wykonywanego zadania:

- proporcjonalnym zwiększeniem końcowego czasu realizacji zadania za każdy popełniony błąd, a więc pogorszeniem wyniku zaliczenia zadania,
- proporcjonalnym zmniejszeniem wyniku końcowego za każdy popełniony błąd, a więc pogorszeniem wyniku zaliczenia zadania. Odejmowana była odpowiednia liczba załadowanych kamieni lub objętość załadowanej ziemi.

Badania postępów w szkoleniu oraz efektywności eksploatacji maszyny nie zostały pozytywnie zakończone przez wszystkich kursantów z grupy badawczej 68 osób.

Podsumowanie

Pełne wyniki i wnioski z badań zostały opracowane w oparciu o zgromadzone materiały statystyczne identyfikujące poszczególne kursanta. W opracowaniu wyników badań zostały użyte tylko statystyki wygenerowane dla kompletnie ukończonego zadania szkoleniowego.

Wyniki, które nie zostały zarejestrowane z powodu nie ukończenia zadania szkoleniowego były pomijane w analizie.

Analiza postępów nabywania umiejętności oraz efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów z wykorzystaniem symulatora koparki jedno-naczyniowej pokazuje, że osoby, które nie wykorzystują w pracy jednocześnie wszystkich osi roboczych uzyskują niskie wyniki. Procentowe wykorzystanie wszystkich osi przez osoby o niskich umiejętnościach początkowych zaczyna dorównywać osobom najlepszym po zrealizowaniu przez nich ok. 5–10 zadań szkoleniowych. Zauważalna jest również zależność między postępem nabywania umiejętności oraz jednoczesnym wykorzystywaniem osi roboczych przez operatorów.

Przeprowadzone badania dowodzą, że efekty kształcenia w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn mogą być oceniane w obszarze zdobytej wiedzy teoretycznej oraz wykształconych umiejętności praktycznych. Wiedza teoretyczna zdobyta przez kursantów podczas szkolenia umożliwia poznanie właściwych zasad pracy maszyną szczególnie w zakresie technologii robót oraz zasad bezpieczeństwa wymaganych na placu budowy. Przyswojenie tych zasad umożliwia kursantom łatwiejsze i prawidłowe kształtowanie ostatecznych umiejętności podczas wykonywania i powtarzania zadań szkoleniowych na symulatorze. Zadania szkoleniowe są stopniowane pod względem trudności, a także ze względu na rodzaj zadania (36 zadań szkoleniowych). Próg zaliczenia kolejno realizowanego zadania jest odzwierciedleniem rosnącego stopnia wymaganych umiejętności.

Efekty kształcenia operatorów maszyn skutecznie weryfikuje symulator, który generując raport przedstawia jednoznaczne wyniki. Oczywiście wszystkie wyniki muszą być analizowane, aby w przypadku złych lub słabych wyników można było wdrożyć odpowiednie ścieżki szkoleniowe. Stopień jednoczesnego wykorzystania wszystkich osi roboczych podczas pracy na obecnym etapie badań może być jednym z decydujących parametrów oceny efektywności procesu szkolenia. Przedział 0–90%

cechuje osoby o nabytych umiejętnościach na poziomie podstawowym, 10–65% – na poziomie średnim, 20–40% – na poziomie zaawansowanym. Parametr ten łączy w sobie zdobytą wiedzę o technologii z umiejętnościami praktycznymi, choć występują i inne korelacje, będące przedmiotem aktualnych badań.

LITERATURA

- [1] Baraniak B. 2008. „Edukacja w przygotowaniu człowieka do pracy zawodowej”. Warszawa: IBE
- [2] Figurski J., K. Smela. 2001. „Eksperyment pedagogiczny. Modułowe programy nauczania w kształceniu zawodowym. Model ujednoczonego egzaminu zawodowego”. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji
- [3] Jodłowski M., T. Koperski, D. Sztwiertnia. 2014. „Program nauczania operatorów koparek jednonaczyniowych w zakresie III klasy uprawnień. Zajęcia praktyczne na stanowisku symulatora koparki jedno-naczyniowej Volvo ECX210 wyposażonym w tablicę interaktywną”, Warszawa.
- [4] Kędzierska B. 2007. „Kompetencje informacyjne w kształceniu ustawicznym”. Warszawa: IBE.
- [5] Koperski T. 2001. „Program nauczania operatorów koparek jednonaczyniowych w zakresie III klasy uprawnień”, Warszawa.
- [6] Kwiatkowski S.M., U. Jeruszka, C. Plewka. 1995. „Podstawy kształcenia modułowego”. Szczecin: ZPCE.
- [7] Kwiatkowski S.M. 2008. „Kształcenie zawodowe – wyzwania, priorytety, standardy”. Warszawa: IBE.
- [8] Symela K. 2005. „Poradnik metodyczny dla autorów modułowych programów szkolenia zawodowego”. Warszawa: MGIP.
- [9] Symela K. 1994. „Procedura opracowywania programów modułowych dla form pozaszkolnych”, Warszawa.
- [10] VOLVO EXC SIMULATOR – Instrukcja obsługi profesjonalnego symulatora koparki VOLVO EC210C.

Mgr inż. Kazimierz Rychlik – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, 02-673 Warszawa, ul. Racjonalizacji 6/8, e-mail: k.rychlik@imbigs.pl

KIERUNKI ROZWOJU AUTOMATYZACJI W BUDOWNICTWIE (CZ. I)

Construction Robotics and Automations Development Directions

Eugeniusz BUDNY, Mirosław CHŁOSTA

Streszczenie: W artykule poruszono problematykę automatyzacji i robotyzacji w budownictwie (ARC). Jest to szybko rozwijająca się gałąź techniki, jakkolwiek niedoceniana w Polsce. W pierwszej części artykułu przedstawiono podstawowe informacje związane z omawianą tematyką. Omówiono aktualny stan rozwoju ARC. W części drugiej skoncentrowano się na przedstawieniu na tym tle znaczących rozwiązań organizacyjnych i technicznych.

Słowa kluczowe: budownictwo, automatyzacja, robotyka

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

Keywords: construction, automation, robotics

Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie aktualnego stanu rozwoju w zakresie automatyzacji i robotyki w budownictwie. Zawarte informacje mogą zainteresować krajowych producentów użytkowników sprzętu budowlanego i zachęcić do podjęcia opracowań krajowych. Z uwagi na dużą liczbę przedstawianych w literaturze technicznej robotów i zautomatyzowanego sprzętu – szacowaną na ok. 300 urządzeń – przedstawiono jedynie urządzenia o najszerszym zakresie zastosowania, wskazujące na możliwe kierunki rozwoju tej dziedziny techniki. Z powodu szczupłych ram niniejszej publikacji, informacje o poszczególnych urządzeniach ograniczono do niezbędnego minimum, odsyłając czytelnika do podanej literatury.

Tematyka automatyzacji i robotyki w budownictwie jest mało znana w krajowym środowisku budowlanym, zarówno z powodu konserwatywnego podejścia do zagadnienia personelu inżynieryjno-technicznego, jak również z powodu stosunkowo niskich kosztów pracy. Większość zatrudnionej w budownictwie kadry technicznej i menadżerskiej utożsamia zastosowanie robotów i automatyzację z przemysłem przetwórczym, metalowym i przede wszystkim samochodowym. Efektem tego jest to, że jeszcze dziś spotkanie robota na budowie w wielu krajach jest zjawiskiem bardzo rzadkim. Tymczasem, w krajach wiodących w tym obszarze, robotyka w budownictwie ten obszar osiągnął znaczący rozwój. Kraje przodujące w tym zakresie to: Japonia, Korea Południowa i USA. W mniejszym stopniu działania w tym kierunku prowadzone są w krajach Europy, choć i tutaj daje się zauważyć zmianę tendencji.

Od ponad 30 lat Międzynarodowe Stowarzyszenie Automatyki i Robotyki w Budownictwie (IAARC) prowadzi działalność, dzięki której corocznie organizuje się Międzynarodowe Sympozjum Automatyzacji i Robotyki w Budownictwie (ISARC). Sympozja te stanowią forum wymiany myśli, idei oraz koncepcji rozwiązań technicznych, programistycznych i organizacyjnych. Prezentowane są najnowsze osiągnięcia z zakresu automatyzacji i robotyki. Referaty z tych sympozjów są prezentowane w *Proceedings*. Polska bierze aktywny udział w pracach IAARC-u, m.in. była organizatorem dwóch sympozjów: w 1995 r. w Warszawie, a w 2001 r. w Krakowie. Prof. Eugeniusz Budny sprawował funkcję przewodniczącego IAARC w latach 1998–1999. Drugi ze współautorów był członkiem Board of Directors w latach 2000–2001. Prof. Mirosław Skibniewski jest wieloletnim członkiem tego ciała statutowego IAARC.

Aktualnie dziedzina automatyzacji i robotyki w budownictwie, z uwagi na wysoki poziom opracowań i zaangażowany potencjał badawczy jest dyscypliną naukową, integrującą osiągnięcia mechatroniczne, informatyczne (IT) i projektowanie dla budownictwa (DfRC). Dla jasności dalszych sformułowań, celowe jest podanie podstawowych określeń związanych z automatyzacją i robotyką w budownictwie.

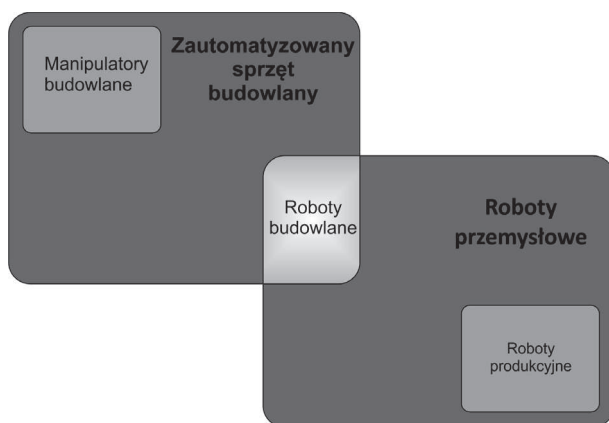
Mechanizacją budownictwa określa się działania zmierzające do zastąpienia fizycznego wysiłku człowieka pracą maszyny, przy czym maszyną kieruje człowiek – operator. Tak więc mechanizacja budownictwa obejmuje m.in. stosowanie specjalistycznych narzędzi, maszyn i manipulatorów oraz robotów budowlanych. Automatyzacja rozumiana jest jako zastąpienie pracy operatora systemami technicznymi. Rola człowieka sprowadza

się do nadzoru nad przebiegiem procesu. W przypadku wystąpienia nieprzewidzianych zdarzeń dokonuje on niezbędnych czynności, przywracając automatowi zdolność funkcjonowania, zabezpiecza przed wystąpieniem zagrożenia, awarią lub katastrofą. Zakłada się, iż automat wykonuje czynności powtarzalne, w ustalonych warunkach otoczenia. Robotyzacja z kolei oznacza zastąpienie pracy człowieka pracą robota, tj. maszyny, która jest w dużym stopniu autonomiczna, ma zdolność wykonywania czynności w zmiennych warunkach, bez lub z bardzo ograniczoną interwencją człowieka.

Automatyzację i robotyzację można uznać za wyższe poziomy mechanizacji, przy których maszyna zastępuje nie tylko fizyczną, lecz również umysłową pracę człowieka. Niekiedy wykorzystanie robotów budowlanych nazywane jest automatyzacją budownictwa, co niepotrzebnie (zdaniem autorów) zawęża to pojęcie.

Robot budowlany jest więc samodzielnie działającym urządzeniem, najczęściej sterowanym komputerowo. Oprogramowanie robota umożliwi mu wykonanie zmiennych zadań w zakresie jego przeznaczenia. Zgodnie z tą definicją, zdalnie sterowane maszyny (teleoperated manipulators), sterowane wyłącznie przez operatora nie są robotami. W niniejszej pracy tego typu urządzenia określać będzie się jako manipulatory budowlane.

Obie grupy – manipulatory i roboty – mogą mieć podobną budowę, ale ich możliwości wykonania zadań są całkiem różne ze względu na różne obszary zastosowania. Na rys. 1. przedstawiono usytuowanie robotów budowlanych i manipulatorów budowlanych w grupie robotów przemysłowych i zautomatyzowanego sprzętu budowlanego.



Rys. 1. Usytuowanie robotów budowlanych i manipulatorów budowlanych w grupie robotów przemysłowych i zautomatyzowanego sprzętu budowlanego (opracowanie własne)

Fig. 1. Construction robots and manipulators at the industrial robots and automated construction equipment background

Roboty produkcyjne (manufacturing robots) i budowlane (construction robots) stanowią dwie różne grupy w zbiorze robotów przemysłowych. Pierwsze prace nad robotami to druga połowa lat 40. XX w. Dotyczą one

maszyn zdalnie sterowanych (teleoperator, telemanipulator), zaliczanych dziś do grupy manipulatorów przemysłowych oraz obrabiarek sterowanych numerycznie. Pierwsze prace dotyczące opracowania robotów dla budownictwa wykonano na początku lat 80. ub. stulecia.

Korzyści wynikające z zastosowania robotów do wykonania różnorodnych prac budowlanych dotyczą:

- zmniejszenia kosztów robocizny,
- zwiększenia wydajności i związanego z tym skrócenia czasu realizacji zadań,
- poprawy jakości wykonania prac,
- poprawy bezpieczeństwa dzięki eliminacji bezpośredniego zagrożenia podczas pracy w środowiskach niebezpiecznych i szkodliwych dla zdrowia, takich jak: roboty inspekcyjne w warunkach niebezpiecznych (sieci kanałów ściekowych, elewacje wysokich budynków), prace w środowisku radioaktywnym, prace wyburzeniowe, podwodne, prace ziemne prowadzone na skarpach, prace malarskie, w badaniach kosmicznych itp.

W rozwoju robotyki w budownictwie rozróżnia się następujące etapy (generacje):

1. Urządzenia mechaniczno-elektryczne
2. Urządzenia mechatroniczne.
3. Roboty autonomiczne (autonomous robots),
4. Urządzenia opracowywane dla budownictwa zrobotyzowanego (Design for Robotic Construction – DfRC).

Pierwsza generacja, którą można nazwać „zautomatyzowane urządzenia budowlane”, rozwijana była na bazie istniejącego sprzętu. W początkowym etapie wykorzystywano mechaniczne systemy automatyki, dobrze znane z automatyzacji procesów przemysłowych. Dodanie czujników elektrycznych i sterowania za pomocą techniki analogowej stanowiło kolejny krok w rozwoju, jednak nie zmieniło zasady funkcjonowania układów sterowania tych maszyn. Celem jej wdrożenia było przede wszystkim zwiększenie wydajności urządzeń i bezpieczeństwa oraz poprawa jakości prac. Zasady, którymi kierowano się przy opracowaniu robotów pierwszej generacji, nadal są stosowane przy automatyzacji wielu typów maszyn budowlanych. Maszyny zbudowane wg zasady urządzeń pierwszej generacji, znajdują najczęściej zastosowanie w: wykonawstwie wykopów, transporcie poziomym urobku oraz transporcie i układaniu mieszanki betonowej, w procesach produkcyjnych materiałów i elementów budowlanych. Ich podstawową zaletą jest prostota wykonania i duża odporność na oddziaływanie czynników zewnętrznych. Stąd znajdują jeszcze zastosowanie w prostych urządzeniach, pracujących w ciężkich warunkach otoczenia.

Druga generacja związana jest z zastosowaniem manipulatorów do wykonania konkretnych, ściśle zdefiniowanych zadań w pracach budowlanych. Urządzenia drugiej generacji znajdują główne zastosowanie przy usprawnianiu tradycyjnych metod budowy. Są to nowe rozwiązania maszyn do takich prac jak: zacieranie

powierzchni betonowych, prefabrykacja i układanie zbrojenia, murowanie ścian z cegieł i bloczków, układanie płyt okładzinowych na ścianach i sufitach podwieszonych.

Trzecią generację zautomatyzowanego sprzętu dla budownictwa stanowią urządzenia wykonujące zadania samodzielnie (autonomous robots), bez udziału operatora w procesie sterowania. Urządzenia te są zaliczane do robotów budowlanych. Udział operatora ogranicza się do przygotowania ich do pracy oraz interwencji w przypadku wystąpienia zdarzeń uznanych za awaryjne. Jako przykłady zastosowania można wymienić: robot-koparkę do rowów, roboty do prac murarskich na budowie i w zakładach prefabrykacji elementów ściennych, roboty do montażu konstrukcji stalowej budynku, do transportu materiałów na plac budowy, do prac okładzinowych ściennych i posadzkowych, natrysku masy zabezpieczającej konstrukcje stalowe przed pożarem, malowania, do prac inspekcyjnych w kanałach ściekowych, kontroli ultradźwiękowej spawów w konstrukcjach stalowych, kontroli jakości płytek okładzinowych elewacji budynków wysokich itp. Maszyny ze sterowaniem komputerowym są w prostej linii rozwinięciem urządzeń pierwszej generacji. Maszyny budowlane wyposaża się w czujniki, układy przetwarzania danych i nowoczesne układy sterowania ze sprzężeniem zwrotnym w celu zwiększenia wydajności i poprawy jakości prac, natomiast struktura maszyny nie ulega zmianie. Adaptacje takie stosuje się w koparkach, żurawiach, sprzęcie do prac palowych itp. W tym zakresie istnieje wiele rozwiązań dostępnych na rynku.

Czwarta generacja robotów budowlanych charakteryzuje zaprojektowaniem wg metody „design for robotic construction (DfRC)”, obejmującej nowe metody budownictwa, opracowane specjalnie do zastosowania robotów. Metoda ta cechuje się integracją etapów powstawania obiektu budowlanego, tj. od projektowania do wybudowania, jak również opracowywaniem, w miarę potrzeb nowych materiałów budowlanych i urządzeń. Cechy funkcjonalne robota są tu ściśle dostosowane do obu tych elementów.

Wszystkie cztery wymienione generacje zautomatyzowanych urządzeń budowlanych i robotów aktualnie znajdują zastosowanie w budownictwie, a przechodzenie od jednej do drugiej odbywa się w sposób ewolucyjny. Najważniejszą cechą charakteryzującą ten proces jest zmniejszanie lub eliminacja udziału operatora w obsłudze urządzeń i zastąpienie go sterowaniem komputerowym.

Spojrzenie w przyszłość

Automatyzacja procesów technologicznych w budownictwie jest procesem nieuniknionym. Istotne znaczenie ma globalizacja gospodarki i związany z tym przepływ idei i – co ważniejsze – kapitału. Wzrost udziału układów mechatronicznych w układach sterowania maszynami i narzędziami budowlanymi powoduje, iż znajdują zastosowanie w nich systemy wykorzystujące rzeczywistość wirtualną czy też rozwiązania sieciowe. Programiści w coraz większym stopniu korzystają z sieci neuronowych i algorytmów genetycznych. Rozwój technik wizyjnych i skaningu laserowego powoduje osiągnięcie bardziej precyzyjnej identyfikacji otoczenia maszyny, zwiększając efektywność pracy maszyn.

Rozwój robotyzacji i automatyzacja budownictwa powinny uwzględniać następujące aspekty:

- dostosowanie rozwiązań architektonicznych do uprzemysłowionych technologii budownictwa, prefabrykacji, logistyki i sieci produkcyjnych,
- zorientowanie na zarządzanie zautomatyzowanym i zrobotyzowanym placem budowy,
- wykorzystanie osiągnięć naukowych, nie tylko w naukach technicznych ale w ergonomii, psychologii, socjologii, w tym uwzględniania zjawisk demograficznych.

Działania te muszą być jednak zorientowane na dwa cele – odbiorcę technologii – w szczególności powinny brać pod uwagę lokalne warunki i tradycję w budownictwie. Po drugie uwzględnione muszą być aspekty ekologiczne, a zwłaszcza zanieczyszczenie środowiska i ograniczenie zużycia energii na każdym etapie prac budowlanych.

LITERATURA

- [1] Witakowski P. 2010. „Robotyzacja w budownictwie. Teraźniejszość i przyszłość – cz. I.”, www.inzynierbudownictwa.pl

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

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

ANALIZA KOSZTÓW WYTWARZANIA WYROBÓW ZA POMOCĄ PLATFORMY MONTAŻOWEJ W FIRMIE ELEKTROBUDOWA SA

An analysis of the costs for an assembly platform in the Elektrobudowa SA Company

Robert CIEŚLAK, Ireneusz WYSOCKI

Streszczenie: W publikacji przedstawiono kierunki rozwoju współczesnej techniki montażu produktu. Omówiono zastosowania platformy montażowej dla firmy Elektrobudowa. Za pomocą analizy „krzywej uczenia się” dokonano oszacowania współczynników, celem określenia kosztów wykonania produktu za pomocą platformy montażowej.

Słowa kluczowe: platforma montażowa

Abstract: The publication focuses on the directions of development of the contemporary assembly techniques. Firstly, the application of an assembly platform in the ELEKTROBUDOWA S.A. company is described. Then, the estimation of ratios influencing the assembly costs for a certain product on the platform is made with the use of learning curve analysis.

Keywords: Assembly areas

Wprowadzenie

Wiele z dzisiejszych przedsiębiorstw produkcyjnych podejmuje wyzwanie dostarczenia zróżnicowanych produktów na rynek przy jednoczesnym zachowaniu pewnych rozbieżności konstrukcyjnych między nimi. W rezultacie przedsiębiorstwa takie używają pojęcia rodzin produktowych i tworzą produkty końcowe w oparciu o platformę montażową, aby obniżyć zarówno koszt tworzenia danego produktu jak i jego wdrożenia na rynek, przy jednoczesnym zachowaniu różnorodności danego produktu i jego dostosowaniu do potrzeb rynku. Rodziną produktów jest grupa powiązanych ze sobą produktów o wspólnych częściach składowych bądź podzespołach, często określanymi jako platforma montażowa, które wypełniają wiele tzw. niszy rynkowych. Opracowanie wzorca rodziny produktów obejmuje typowe wyzwania, z jakim ma się do czynienia przy tworzeniu produktu [17].

Stworzenie wzorca rodziny produktów, wytworzonych w oparciu o tę samą platformę montażową, uważa się za skuteczny środek zastosowania ogólnych zasad użytkowania platform tego typu. Coraz więcej przedsiębiorstw wykorzystuje takie podejście do tematu w procesie tworzenia swoich produktów końcowych (np. Sony, Volkswagen, Lutron, Airbus, Boeing czy Compaq), co wskazuje na spore korzyści ekonomiczne w obliczu zmieniającego się globalnego rynku produkcji. Korzyści te wynikają głównie z wyższej jakości produktów końcowych, szybszej odpowiedzi na żądania rynku i niższych kosztów produkcji [3].

Celem artykułu jest opracowanie kolejnego etapu utworzenia platformy montażowej w firmie Elektrobudowa jakim jest analiza kosztowa.

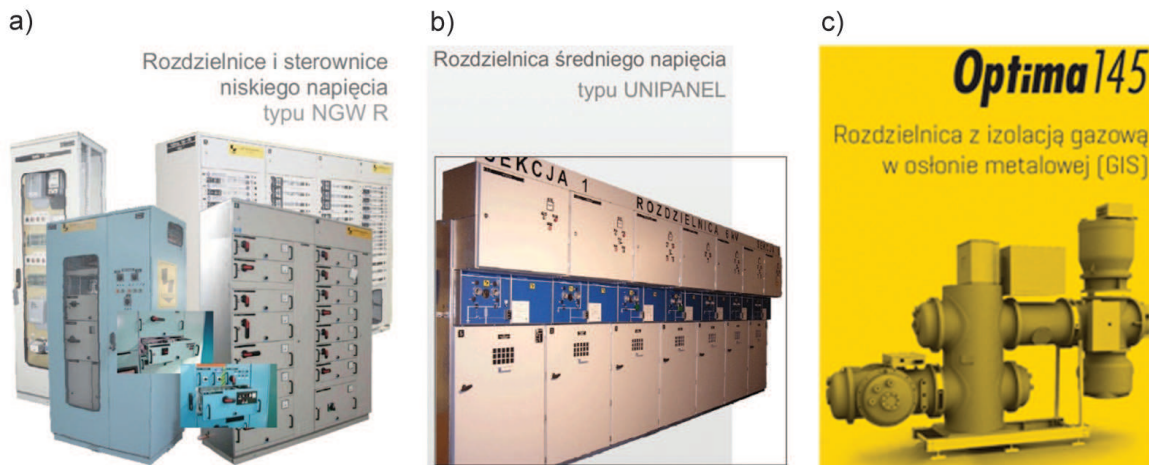
Zastosowanie platform montażowych

Według jednej z definicji platforma montażowa to stosunkowo duży zbiór komponentu produktu, którego składniki są ze sobą połączone, jako stabilny podzespół i są wspólne dla różnych modeli produktu końcowego [2]. Istota powstania platformy montażowej tkwi w tym, aby uzyskać jak największą liczbę produktów końcowych, wykorzystując do tego standaryzowane składniki i różne procesy produkcyjne. Dlatego też dostosowanie platformy montażowej to proces polegający na ustaleniu wspólnych elementów w danej rodzinie produktów (takich jak wspólne funkcje czy działanie, parametry, cechy, składniki, podsystemy czy odpowiednia ilość informacji związanej z produkcją danej rodziny produktów) oraz późniejsze dopasowanie i standaryzacja ww. wspólnych elementów bądź parametrów [3]. W tab. 1 przedstawiono mocne i słabe strony platform montażowych.

Kluczem do stworzenia udanej rodziny produktów jest platforma montażowa, na której powstaje dana rodzina produktów [6]. McGrath definiuje platformę montażową jako *zbiór podobnych elementów, zwłaszcza technologicznych, wykorzystywanych w danym zestawie produktów* [7]. Robertson i Ulrich podkreślają zaś, że *przez podział części składowych i procesów produkcyjnych na platformie montażowej przedsiębiorstwa mogą skutecznie stworzyć zróżnicowane produkty końcowe, a tym samym zwiększyć elastyczność procesu tworzenia i zabrać udziału rynku tym producentom, którzy produkują jeden produkt na raz* [8]. Co więcej – skuteczna platforma montażowa ułatwia dostosowanie produktu końcowego,

Tabela 1. Mocne i słabe strony platform montażowych, opracowanie własne [16]
 Table 1. The advantages and disadvantages of assembly platforms, self-reported study [16]

Platformy montażowe	
Mocne strony	Słabe strony
<p>Faza strategiczna:</p> <ul style="list-style-type: none"> – umożliwiają szybsze dotarcie różnych produktów na rynek, – wejście na rynki niszowe, – wdrożenie nowych technologii, – niższe ryzyko technologiczne, <p>Faza projektowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> – niższy koszt wytworzenia produktu, – ponowne używanie wcześniej zaprojektowanych komponentów i systemów, – ponowne zastosowanie sprawdzonych technologii, <p>Faza zarządzania produkcją:</p> <ul style="list-style-type: none"> – możliwość stosowania tych samych narzędzi w produkcji różnych przedmiotów, – ekonomiczna produkcja, – możliwość hurtowego zakupu tych samych podzespołów do wytworzenia różnych produktów, – redukcja zapasów magazynowych, – mniejsze wydatki związane z kontrolą jakości, – elastyczność w liczbie wariantów produktu, <p>Faza testów oraz przekazania do eksploatacji:</p> <ul style="list-style-type: none"> – redukcja czasu przeznaczonego na testowanie produktu oraz jego pierwszy rozruch, – wspólny sprzęt testujący dla różnych produktów, – ograniczenie testów certyfikujących, <p>Faza obsługi i utrzymania produktu:</p> <ul style="list-style-type: none"> – zmniejszone koszty stałe utrzymania produktów, wynikające z ich wspólnych funkcji, – zmniejszenie kosztów na szkolenia pracowników, – zmniejszenie kosztów zmiennych w wyniku bardziej efektywnych działań logistycznych. 	<p>Faza strategiczna:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ograniczenie inwestycji na przyszłość do zasięgu platformy montażowej, – ryzyko monopolu jednej firmy opracowującej strategię wytworzenia produktu, <p>Faza projektowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> – potrzeba badań dotyczących możliwości wykonania produktu od strony technicznej i ekonomicznej, – dodatkowe koszty związane z potrzebą zaprojektowania dodatkowych elementów platformy różnicujących produkty, – koszty ogólne związane z zarządzaniem spójnością elementów platformy, <p>Faza zarządzania produkcją:</p> <ul style="list-style-type: none"> – większa złożoność zarządzania konfiguracjami produktu na linii montażowej, – wzrost kosztów produkcji podzespołów, <p>Faza testów oraz przekazania do eksploatacji:</p> <ul style="list-style-type: none"> – wzrost kosztów opracowania metod weryfikacji i walidacji produktu i platformy montażowej, <p>Faza obsługi i utrzymania produktu:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ryzyko niepowodzenia podczas produkcji wspólnych elementów dla szeregu produktów końcowych, – większa złożoność w funkcjonowaniu elementu wielozadaniowego, – wzrost kosztów obsługi podzespołów, – wzrost kosztów zarządzania platformą montażową.



Rys. 1. Rozdzielnice: a) niskiego, b) średniego i c) wysokiego napięcia produkowane w firmie Elektrobudowa (opracowanie na podstawie katalogów firmy)
 Fig 1. Low, medium and high voltage switchboards produced in the Elektrobudowa company (pictures from the company's catalogue)

umożliwiając stworzenie różnorodnych produktów szybko i łatwo, aby zaspokoić potrzeby różnych nisz rynkowych [9,10]. Wpływ rodziny produktów i struktury platformy montażowej na różnorodność produktów uzyskanych z danej platformy oraz ich masowe dostosowanie nadal podlega szerokim badaniom [11-15].

Badanie platform montażowych

Badania nad platformą montażową zostały wykonane w firmie Elektrobudowa, która jest liderem wśród polskich firm elektroenergetycznych. Świadczy kompleksowe usługi budowlano-montażowe, realizując inwestycje związane z przemysłem energetycznym, petrochemicznym, wydobywczym oraz budownictwem obiektów użyteczności publicznej w systemie pod klucz. Elektrobudowa jest liderem w zakresie produkcji urządzeń elektroenergetycznych, w obszarze energetyki wiodącym wykonawcą i dostawcą aparatury rozdzielczej niskich, średnich i wysokich napięć, jak również stacji i systemów elektroenergetycznych (rys. 1). Na rynku międzynarodowym firma osiąga znaczącą pozycję w produkcji i montażu przewodów silnoprądowych [1].

Znaczenie platformy montażowej jest coraz istotniejsze w różnych dziedzinach przemysłu i wiele firm musi podejmować szereg decyzji w tej sprawie. Prace zmierzają w kierunku zdefiniowania podstawowej struktury platformy montażowej.

Poprzedni etap (utworzenia platformy montażowej) został przedstawiony w publikacji [5]. Pierwszy etap polegał na utworzeniu platformy montażowej jako fizycznej struktury wyrobu. Należało w tym momencie odpowiedzieć na dwa pytania: jak należy zdefiniować platformę montażową z technicznego punktu widzenia, biorąc pod uwagę złożoność wyrobu i w jaki sposób platforma montażowa wiąże się z innymi pojęciami, związanymi z procesem planowania wyrobu końcowego, takimi jak konstrukcja wyrobu czy modularyzacja. Drugi etap polegał na grupowaniu operacji, aby określić podobieństwo technologiczne wykonywanych produktów. Trzeci etap to dokonanie analizy kosztów wytwarzania wyrobów za pomocą platformy montażowej. Należy w tym momencie odpowiedzieć na dwa pytania. Kluczowe są pytania o czynniki, które należy wziąć pod uwagę ustalając koszt wytworzenia wyrobu za pomocą platformy montażowej i to, jaka będzie wielkość współczynnika do analizy kosztowej.

Na wstępie dokonano analizy czasochłonności montażu rozdzielni w firmie Elektrobudowa. Proces chronometrażu podzielono na trzy etapy: przygotowanie, wykonanie pomiarów czasochłonności oraz opracowanie wyników (chronometrażu). Postępowanie podczas chronometrażu obejmowało:

- zapoznanie się z pracownikami wykonującymi badaną operację, a także organizacją i obsługą stanowiska roboczego oraz urządzeniem, na którym będzie ona wykonywana (tab. 2),

Tabela 2. Analiza stanowiska montażowego, opracowanie własne
Table 2. Analysis of the assembly, to develop their own

Pracownik firmy odpowiedzialny za badania	Czas przeprowadzenia badań	Badane stanowisko pracy
technolog	6 ⁰⁰ – 14 ⁰⁰	brygada mechaników i elektryków, którzy wykonywali montaż wyrobu;

- zorientowanie się w zakresie prawidłowości stosowanych metod pracy, celowości i kolejności wykonywanych zabiegów, grup czynności i ruchów,
- przygotowanie arkusza obserwacyjnego chronometrażu (liczba czynności montażowych wynosiła 194),
- ustalenie liczby niezbędnych pomiarów zależnych od czasochłonności poszczególnych operacji lub jej elementów i wielkości produkcji (wykonano trzy pomiary),
- wykonanie pomiarów czasochłonności montażu wyrobu za pomocą obserwacji ciągłej lub wyrównkowej wytypowanymi do tego celu przyrządami (czas poszczególnych czynności dla wszystkich wyrobów mierzono stoperami niemieckiej firmy Hanhart MODUL z dokładnością do jednej sekundy).
- wpisanie wartości czasochłonności montażu wyrobu do wcześniej przygotowanego arkusza obserwacyjnego chronometrażu (które tworzą szereg chronometryczny),
- analizę szeregu chronometrycznego, polegającą na odrzuceniu wartości rażąco odchylających się od średnich za pomocą tzw. współczynnika zwartości,

$$K_s = \frac{x_{\max}}{x_{\min}}$$

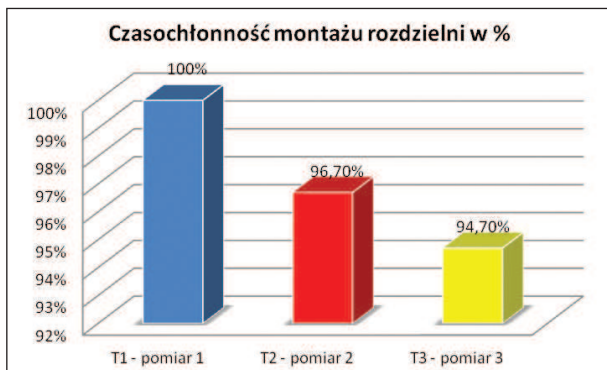
gdzie:

x_{\max} – pomiar najdłuższy.

x_{\min} – pomiar najkrótszy [18],

- wyliczenie wielkości przeciętnych (średnich arytmetycznych pomiarów chronometrycznych) czasu niezbędnego do wykonania określonych operacji (w związku z tajemnicą firmy udostępniono tylko wartości procentowe) co przedstawia rys. 2.

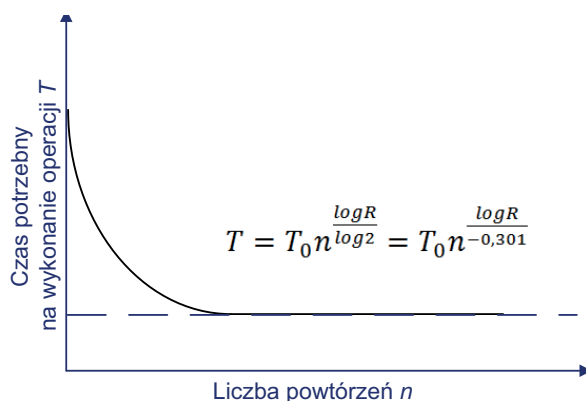
Z przeprowadzonych badań wynika, że czasochłonność montażu rozdzielni jest odwrotnie proporcjonalna do liczby powtarzających się operacji wykonywanych przez danego pracownika. Jeżeli natomiast chodzi o opłacalność i rentowność produkcji dowiedziono, że oba wskaźniki są wprost proporcjonalne do liczby czynności powtarzanych. Im więcej razy dana czynność jest powtarzana, tym mniejsza jest czasochłonność montażu przy jednoczesnym wzroście opłacalności i rentowności produkcji.



Rys. 2. Przedstawienie czasochłonności montażu rozdzielni w firmie Elektrobudowa (opracowanie własne)

Fig. 2. Time consumption analysis for an assembly of a switchboard in the Elektrobudowa company (self-reported study)

Powyższa analiza wskazuje na możliwość implementacji w procesie technologicznym montażu znanej zasady „trening czyni mistrza” i wynikającej z niej „krzywej uczenia się” (rys. 3), gdyż wykonywanie powtarzających się czynności (trening) powoduje skrócenie czasu wykonania danej czynności. Na rys. 3 wartość R określa stopę wiedzy, a więc stopień uczenia się – czyli poprawienia efektywności w stosunku do każdego następnego cyklu wykonania danej operacji. Oczywiście wymienione sposoby korygowania zdolności produkcyjnej są przedstawione jako przykładowe. Inwencja zarządzających w tym względzie powoduje, że spektrum tych możliwości stale się rozszerza [4].



Rys. 3. Typowa krzywa uczenia się: T_0 – czas wykonania pierwszej jednostki, R – stopa wiedzy [4]

Fig. 3. A typical learning curve: T_0 – time needed to assemble the first unit, R – experience level [4]

Na podstawie badań w firmie ustalono, że podstawowymi wskaźnikami do analizy kosztowej wytwarzanych wyrobów będą wskaźniki: czasochłonności, opłacalności, rentowności i zużycia materiałów.

Korzystając z danych otrzymanych z firmy dotyczących: czasochłonności, opłacalności, rentowności i zużycia materiałów, porównano efektywność produkcji standardowej z efektywnością produkcji w ramach platformy

montażowej. W wyniku analizy na podstawie „krzywej uczenia się” oszacowano, że w przypadku platformy montażowej efektywność produkcji wzrośnie o 4,3%, a tym samym nastąpi zmniejszenie wskaźników czasochłonności oraz zużycia materiału przy jednoczesnym wzroście wskaźników opłacalności i rentowności w stosunku do produkcji standardowej.

Podsumowanie

Inżynierowie z różnych przedsiębiorstw produkcyjnych krajowych i zagranicznych opracowują warianty analiz kosztowych wykonania platform montażowych. Opracowanie wskaźników wydajności platformy montażowej dla produktu końcowego, jakim są rozdzielnie niskich, średnich i wysokich napięć w firmie Elektrobudowa jest kluczowym punktem procesu opracowania platformy montażowej oraz podejścia do wzorca rodziny produktów. Z przeprowadzonej analizy „krzywej uczenia się” wynika, że platforma montażowa może przynieść szacunkowy wzrost efektywności produkcji rozdzielni o 4,3%.

Autorzy w kolejnych artykułach zamierzają dokonać analizy specyfiki danej platformy montażowej oraz przygotować jej opracowanie.

LITERATURA

- [1] Cieślak R., I. Wysocki. 2013. „Badania i zastosowanie platform montażowych”. *Inżynieria maszyn* (4): 117-123. Wrocław: Wydawnictwo Wrocławskiej Rady FSNT NOT
- [2] Du X., J. Jiao, M.M. Tseng. 2001. „Architecture of Product Family: Fundamentals and Methodology”. *Concurrent Engineering: Research and Applications* 9(4): 309-325.
- [3] Elektrobudowa SA – katalogi firmowe
- [4] Jiao J. 1998. „Design for Mass Customization by Developing Product Family Architecture”. Ph.D. Dissertation, Industrial Engineering and Engineering Management, Hong Kong: Hong Kong University of Science and Technology.
- [5] Jiao J., M.M. Tseng. 2000. „Understanding Product Family for Mass Customization by Developing Commonality Indices”. *Journal of Engineering Design*, 11(3): 225-243.
- [6] McGrath M.E. 1995. „Product Strategy for High Technology Companies”. New York: Irwin Professional Publishing.
- [7] Meyer M.H. 1997. „The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership”. New York: Free Press.
- [8] Muffatto M. 1999. „Introducing a platform strategy in product development”. *Int. J. Production Economics* (60-61):145-146.
- [9] Pająk E. 2006. „Zarządzanie produkcją”. Warszawa: PWN
- [10] Pine B.J. 1993. „Mass Customizing Products and Services”. *Planning Review*, 22 (4): 6-8

- [11] Qin H., Y. Zhong, R. Xiao, W. Zhang. 2005. „Product platform commonization: platform construction and platform elements capture”. Springer-Verlag London Limited, Int J Adv Manuf Technol (25): 1071–1077.
- [12] Robertson D. K. Ulrich. 1998. „Planning Product Platforms. *Sloan Management Review* 39 (4): 19–31.
- [13] Rypulak K. 1980. „Normowanie czasu i badanie metod pracy”, Drukarnia Poligraf, Lublin.
- [14] Simpson T. W., B.S. D’Souza. 2004. „Assessing Variable Levels of Platform Commonality Within a Product Family Using a Multiobjective Genetic Algorithm”, Department of Industrial & Manufacturing Engineering The Pennsylvania State University University Park, USA.
- [15] Simpson T.W., J. Nanda, S. Halbe, K. Umopathy, B. Hodge. 2003. „Development of a Framework for Webbased Product Platform Customization”. *ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 3(2): 119–129.
- [16] Simpson W. T., J. Jiao, Z. Siddique, K. Hölttä-Otto. 2014. „Advances in Product Family and Product Platform Design”, *Springer*, New York.
- [17] Tseng M.M., J. Jiao, M.E. Merchant. 1996. „Design for Mass Customization”. *CIRP Annals*, 45(1): 153–156.
- [18] Tseng M.M., J. Jiao. 1998. „Design for Mass Customization By Developing Product Family Architecture”, ASME Design Engineering Technical Conferences – Design Theory and Methodology, Atlanta, GA, ASME.

Dr inż. Robert Cieślak – Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Inżynierii Środowiska, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, ul. Przyjaźni 1, 62-510 Konin, e-mail: robertcieslak@wp.pl

Inż. Ireneusz Wysocki – Elektrobudowa S.A. w Katowicach Oddział Spółki Rynek Dystrybucji Energii, ul. Przemysłowa 156, 62-505 Konin, ireneusz.wysocki@elbudowa.com.pl

WERYFIKACJA MOŻLIWOŚCI WZMOCNIENIA NASADY ŁOPATY WIRNIKA NOŚNEGO WIATRAKOWCA

Verification of possibilities for strengthen gyroplane rotor blades base

Małgorzata WOJTAS, Agnieszka SOBIESZEK, Tomasz SZCZEPANIK

Streszczenie: W publikacji przedstawiono zagadnienie wzmocnienia nasady łopaty wirnika nośnego wiatrakowca przez wklejenie kieszeni łopaty. Technologia klejenia jaką zastosowano została opracowana dla stopu aluminium 6005 T6, z którego wykonane zostały łączone elementy. W celu opracowania optymalnych parametrów klejenia przeprowadzono szereg badań, w wyniku których dobrano substancję klejącą oraz sposób przygotowania powierzchni, zapewniający największą wytrzymałość statyczną połączenia. Obiekt badań stanowi łopata wirnika nośnego wiatrakowca oraz kieszeń będąca łącznikiem między łopatą a głowicą wirnika wiatrakowca. Oba elementy zostały zaprojektowane w ramach projektu „Nowoczesny wirnik autortacyjny”. W celu opracowania metody wklejania kieszeni na nasadę łopaty sprawdzono wytrzymałość połączenia dla różnych wariantów montażu kieszeni. Pierwszy wariant polegał na nasunięciu kieszeni na łopatę, w drugim natomiast wykorzystano kieszeń przeciętą wzdłuż krawędzi natarcia. Drugi wariant powstał po wstępnych próbach, które ujawniły wady nasuwania kieszeni na jej nasadę niezależnie od kierunku nasuwania. Wyniki badań zostały zestawione z wynikami zrywania nasady łopaty, na którą nie naklejano kieszeni (kieszeń była montowana tylko śrubami). Zestawienie wyników zweryfikowało możliwość wzmocnienia nasady łopaty przez wklejanie kieszeni, stopień wzmocnienia i określiło optymalne rozwiązanie montażu kieszeni na nasadzie łopaty. Zrealizowany proces badawczy może stanowić zarówno próby dowodowe wytrzymałości nasady łopaty wirnika wiatrakowca i podstawę do wprowadzenia wdrożenia opracowanej technologii klejenia dla wykorzystywanego do produkcji łopat stopu aluminium.

Słowa kluczowe: łopaty wirnika, połączenia klejone, wiatrakowiec, aluminium 6005 T6, montaż, klejenie

Abstract: The paper presents the issue of strengthening the gyroplane rotor blade base by bonding the blade socket to it. Adhesive technology for aluminum alloy 6005 T6 has been developed. In order to develop optimal bonding parameters, a number of tests has been conducted, which resulted with selecting the best adhesive and the best method of surface preparation that provides the highest static strength. The test objects are, the gyro rotor blade and socket which is the link between the blade and the hub of gyroplane rotor, both elements were designed in Modern Autorotating Rotor Project. In order to develop a method of bonding a socket on the blade base the joint strength was tested for different way of socket installation. The first variant was pushing socket on the base of rotor blade, and another which uses the pocket cut along the leading edge. The second variant was created after initial tests that revealed defects in the socket docking on the rotor blade base, regardless of the direction of the docking. The results are compared with results of strength tests of the rotor blade base, where socket was only mount by screws. Summary of results verified the possibility to strengthen the rotor blade base by bonding socket and identified the optimal socket mounting solution on rotor blade base. Carried out the research process can be evidence strength test of gyroplane rotor blade base as well as basis for the implementation of bonding technology to use in the production of aluminum alloy rotor blades.

Keywords: rotor blades, bonding joints, gyroplane, aluminum alloy 6005 T6, mounting, bonding

Wprowadzenie

W publikacji przedstawiono proces dopracowania metody tj. szereg badań, które miały na celu zapewnienie wzmocnienia elementów konstrukcyjnych innowacyjnego wirnika nośnego wiatrakowca. Badania o których mowa w artykule odnoszą się do projektu „Nowoczesny Wirnik Autortacyjny” [1], w którym jednym z założeń było stworzenie konstrukcji zapewniającej bezpieczeństwo i wysoką niezawodność. Dopracowanie i szczegółowe badania poszczególnych elementów wirnika oraz opracowanie technologii umocnienia nasady łopat stanowi zapewnienie wysokiej klasy bezpieczeństwa i jakości lotu.

Badania mają określić wzmocnienie nasady łopaty przez zastosowanie opracowanej technologii oraz zweryfikować siłę niszczącą połączeń klejonych anodowanego

stopu aluminium (6005 T6), z którego zostały wykonane łopaty wirnika nośnego wiatrakowca oraz kieszenie łopat, przez które łopata montowana jest na głowicy. Badania przeprowadzono na podstawie prób określających optymalne warunki technologii klejenia dla omawianego stopu aluminium. W celu dopracowania technologii klejenia przeprowadzono szereg badań dla próbek których powierzchnię przygotowano wg czterech wariantów i klejono je za pomocą trzech różnych mieszanek epoksydowych. Po przebadaniu wytrzymałości statycznej połączeń klejonych określono substancję i sposób przygotowania powierzchni wykorzystywanych podczas prób na obiekcie rzeczywistym. Badania dowodowe oparto na procesie dopracowania technologii klejenia oraz wynikach badań wstępnych przedstawionych w artykule „Opracowanie technologii klejenia anodowanego stopu aluminium 6005



Rys. 1. Obiekty badań – duralowa łopata wirnika nośnego wiatrakowca (po lewej), kieszeń łopaty (po prawej)

Fig. 1. Objects of research – gyroplane aluminum alloy rotor blade (left), blade pocket (right)

T6 stosowanego w lotnictwie” (A. Sobieszek, M. Wojtas, T. Szczepanik).

Publikacja zawiera opis obiektu badań, przebieg i realizację procesu badawczego oraz efekty badań. Badania zostały przeprowadzone w dwóch etapach podczas których weryfikowano różne warianty sposobu łączenia łopaty z kieszenią łopaty [2-4].

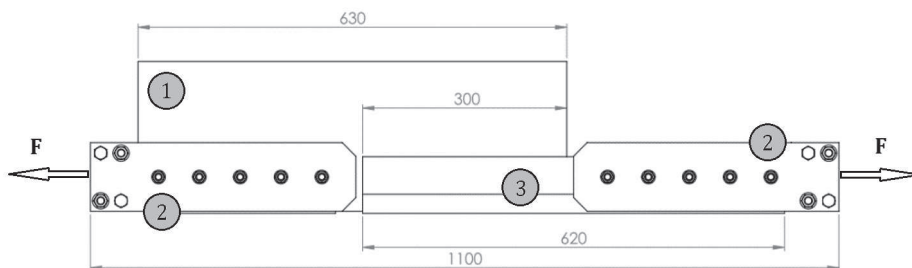
Obiekt badań

Przedmiotem badań są łopaty aluminiowe o nowym profilu aerodynamicznym ILW-LT-11.0 [5], opracowanym w Instytucie Lotnictwa oraz kieszenie łopat stanowiące umocnienie jej nasady oraz łącznik między łopata a głowicą wiatrakowca. Nowy profil laminarny ILW-LT-11.0 jest dedykowany do pracy w autorotacji na wiatrakowcach klasy D, C, B. Dotychczas stosowanym profilem łopat w wirnikach wiatrakowców jest profil asymetryczny NACA 9H12, który jest znany od lat 40. ub. w. Nowe rozwiązanie konstrukcyjne ma zapewnić wysokie charakterystyki aerodynamiczne, bezpieczeństwo oraz niezawodność w locie, przewyższając tym samym dotychczas stosowane rozwiązania. Łopaty oraz kieszenie łopat wykonane zostały przez krajowego wykonawcę, który opracował technologię aerodynamicznych profili ciągnionych.

Potrzeba wzmocnienia nasady łopaty wynikała z wcześniej przeprowadzonych prób wytrzymałościowych nasady łopaty. Analiza wyników wspomnianych prób wykazała potrzebę wzmocnienia nasady łopaty. Jednym z rozwiązań może być połączenie kieszeni łopaty z łopata przy użyciu odpowiedniej mieszanki klejącej. Dotychczas kieszeń łopaty i łopata były łączone za pomocą śrub podczas montażu na głowicy wiatrakowca. Na rys. 1 przedstawiono łączone elementy tj. łopaty wirnika wiatrakowca oraz kieszenie łopat.

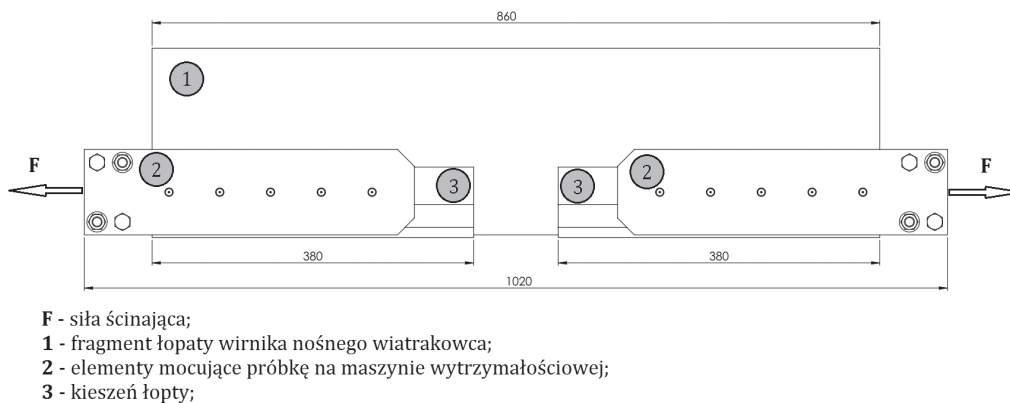
Tabela 1. Etapy przygotowania powierzchni stopu aluminium z którego wykonana jest łopata wirnika wiatrakowca i kieszeń łopaty
Tabele 1. Steps of preparing the surface of aluminum alloy from which are made gyroplane rotor blades and blades pocket

Etap	Etapy przygotowania powierzchni			
	1	2	3	4
Sposób przygotowania powierzchni	Usuwanie zanieczyszczeń za pomocą środka czyszczącego nie zawierającego chloru	Kąpiel w wodze destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)	Odtłuszczenie za pomocą rozpuszczalnika (aceton)	Kąpiel w wodze destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)



- F - siła ścinająca;
 1 - fragment łopaty wirnika nośnego wiatrakowca;
 2 - elementy mocujące próbkę na maszynie wytrzymałościowej;
 3 - kieszeń łopaty;

Rys. 2. Schemat próbki 01.n, $n \in (1,2,3)$ połączenia klejonego łopata-kieszeń
 Fig. 2. Blade – blade pocket adhesive connection sample schematic 01.n, $n \in (1,2,3)$



Rys. 3. Schemat próbki 02.n $n \in (1,2)$ połączenia klejonego łopata-kieszeń
 Fig. 3. Blade – blade pocket adhesive connection sample schematic 02.n, $n \in (1,2)$

Badania dowodowe

Badania dowodowe miały na celu określenie siły niszczącej połączenia klejonego oraz zweryfikowanie czy wklejenie kieszeni łopaty wzmocni nasadę łopaty. Badania przeprowadzono w odniesieniu do przepisów certyfikacyjnych statków powietrznych niemieckiego nadzoru lotniczego LBA. Opisany sposób przeprowadzenia badań dowodowych daje możliwość wykorzystania wyników do wdrożenia omówionej poniżej technologii umocnienia nasady łopat wirnika wiatrakowca, która stanowi temat publikacji.

Badania realizowano w dwóch etapach. Proces klejenia w obu etapach przeprowadzono zgodnie z opracowaną technologią opartą na przygotowaniu powierzchni za pomocą środka czyszczącego, niezawierającego chloru wg etapów przedstawionych w tab. 1 i klejeniu z wykorzystaniem dwuskładnikowego kleju epoksydowego – ElanTech 90.91.

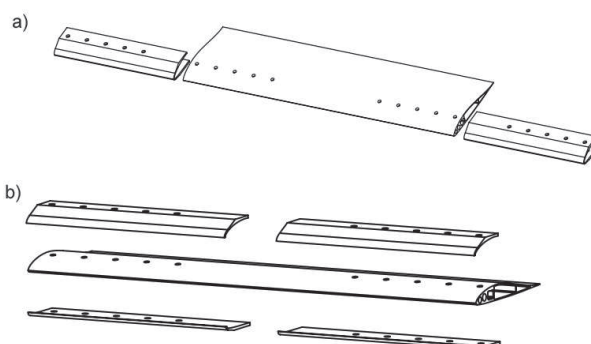
Badania próbek przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej w akredytowanym laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji w Instytucie Lotnictwa. Obciążenie występujące w próbie realizowano przy pomocy siłownika hydraulicznego, będącego elementem ramy wytrzymałościowej AVIATA oraz sterownikiem hydraulicznym R-580-150 ze sterownikiem MTS407/01. Siłę rejestrowano przy użyciu systemu pomiarowo-rejestrującego „System 5000”, a pomiar siły realizowano przetwornikiem do 450 kN. Prędkość obciążania wynosiła 2 mm/min.

W pierwszym etapie badań przygotowano trzy próbki wg schematu przedstawionego na rys. 2. Połączenia klejone było wykonane na długości 300 mm, tj. długości odpowiadającej rzeczywistej długości kieszeni łopaty przeznaczonej do montażu na głowicy wiatrakowca. Procesowi przygotowawczemu poddano zarówno łopatę jak i kieszeń łopaty. Na obie powierzchnie po ich ówczesnym oczyszczeniu i odfuszczeniu nakładano warstwę kleju o grubości 0,1 mm.

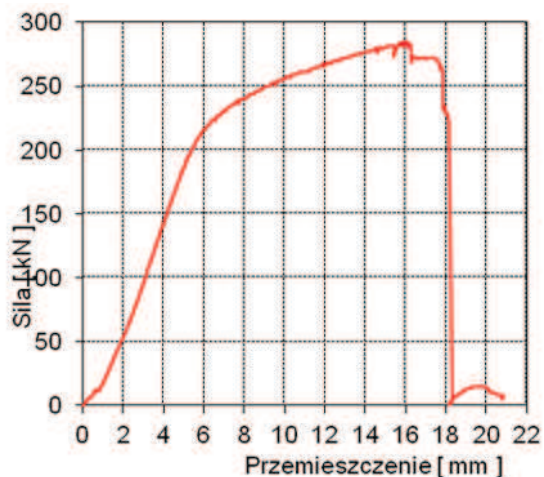
Pierwszy etap badań nie dał jednoznacznej odpowiedzi odnośnie wytrzymałości połączenia klejonego. Wykazał, że połączenie ma większą wytrzymałość niż materiał z którego wykonano kieszeń łopaty. Jednocześnie dowiódł, że kształt i wymiary kieszeni stanowią ograniczenie dla wymagania jakim jest równomierne rozłożenie substancji klejącej na całej powierzchni wewnętrznej kieszeni.

W drugim etapie przygotowano dwie próbki wg schematu przedstawionego na rys. 3. Połączenia przygotowano w taki sposób jak w próbach dowodowych określających siłę niszczącą nasady łopaty. Na potrzebę próby przedłużono kieszeń łopaty do 380 mm. Proces przygotowawczy i technologię klejenia, uwzględniając pojawiające się wcześniej problemy, przeprowadzono jak w etapie pierwszym, wprowadzając dwa sposoby naklejania kieszeni na łopatę.

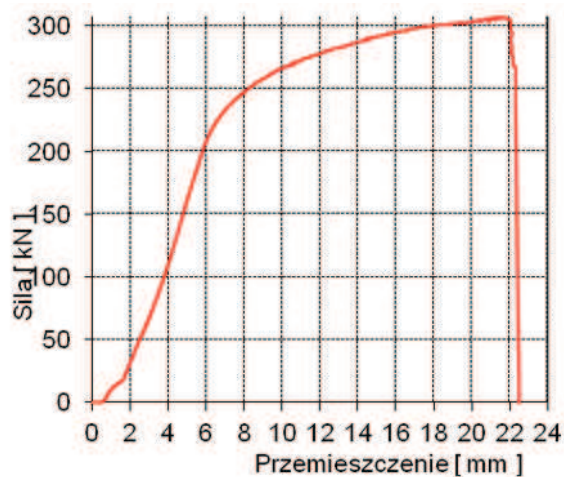
Pierwszy sposób polegał na wsunięciu łopaty w kieszeń jak na rysunku rys. 4a. Drugi sposób polegał na naklejeniu na łopatę kieszeni, która została przecięta wzdłuż krawędzi natarcia jak na rys. 4b. Wprowadzenie



Rys. 4. Sposoby naklejania kieszeni na łopatę: a) w przypadku całej kieszeni, b) w przypadku kieszeni przeciętej wzdłuż krawędzi natarcia
 Fig. 4. Methods for bonding rotor blade and pocket, a) whole pocket, b) a pocket cut along the leading edge



a)



b)

Rys. 5. Wykres siły w funkcji przemieszczenia dla prób określających siłę potrzebną do zniszczenia połączenia klejonego łopata-kieszki: a) w przypadku wklejania całej kieszeni, b) w przypadku wklejania kieszeni przeciętej wzdłuż krawędzi natarcia
 Fig. 5 Charts presents force versus displacement for tests to determine the strength of rotor blade – blade pocket adhesive connection: a) in case of bonding the whole pocket, b) in the case of bonding pocket cut along the leading edge

dwóch sposobów klejenia miało na celu wyeliminowanie problemu przygotowania kieszeni i nakładania odpowiednio cienkiej warstwy kleju w trudno dostępnych częściach kieszeni. Miało również określić zależność między sposobem aplikacji kleju (cała kieszeń/półki kieszeni) a osiągniętą siłą niszczącą połączenia klejonego.

Wyniki badań

Przeprowadzone badania pozwoliły określić siłę niszczącą dla połączenia klejonego w różnych wariantach. Pierwszy etap badań dał odpowiedź na temat siły, przy której kieszeń łopaty ulega zniszczeniu, natomiast w etapie drugim otrzymano odpowiedź na temat siły potrzebnej do zniszczenia połączenia klejonego oraz o wzmocnieniu nasady.

Zbiorcze wyniki badań pierwszego etapu tj. próbek 01.n przedstawiono w tab. 2. Siła podana w tab. 2 odnosi się do kieszeni łopaty, która to w pierwszej kolejności uległa uszkodzeniu.

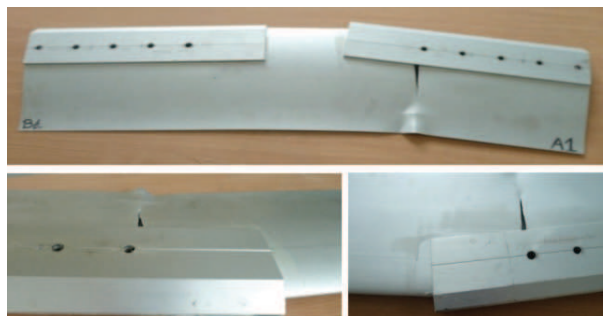
Tabela 2. Wyniki prób z etapu pierwszego
 Table 2. Test results of first stage

Próbka	Siła niszcząca [kN]	Średnia siła niszcząca [kN]
01.1	110,00	106,27
01.2	92,10	
01.3	116,70	

Wyniki próbek z etapu drugiego przedstawiono na wykresach (rys. 5). Przedstawiają one zależność siły niszczącej próbkę w funkcji przemieszczenia. Wykres przedstawiony na rys. 5a obrazuje przebieg siły dla sposobu pierwszego naklejania kieszeni, tj. wsuwania jej na łopatę. Siła niszcząca dla tego sposobu wyniosła 284,8 kN. W przypadku wariantu z kieszenią przeciętą wzdłuż krawędzi natarcia (rys. 5b) siła niszcząca wyniosła 306,5 kN.



a)



b)

Rys. 6. Próbkki po zerwaniu: a) klejona sposobem pierwszym, b) klejona sposobem drugim
 Fig. 6. Bonded samples after strength tests: a) first bonded method b) second bonded method

Tabela 3. Wyniki prób wytrzymałościowych łopat
Tabele 3. Results of rotor blades strength tests

Próbka	Siła niszcząca P_t [kN]	Wzmocnienie [%]
00.1	237,10	$\bar{P}_t = 238,60$ 100,00
00.2	226,40	
00.3	242,10	
00.4	248,60	
02.1	284,80	119,40
02.2	306,50	128,50

W celu określenia wzmocnienia nasady łopaty przez wklejanie kieszeni porównano wyniki próbek 02.1 oraz 02.2 z wynikami badań łopaty bez wklejonej kieszeni (tab. 3) oznaczonych symbolem 00.n., $n \in (1, 2, 3, 4)$.

Wyniki przedstawione w tab. 3 pokazują wpływ wklejania kieszeni na łopatę w zależności od sposobu wklejania. Wzmocnienie nasady łopaty w zależności od sposobu wklejania waha się w granicach 20–30% w stosunku do łopaty zrywanej bez wklejonej kieszeni.

Wnioski

Po doborze technologii klejenia podczas badań wstępnych wykonano badania na obiekcie rzeczywistym. Celem badań było wzmocnienie nasady łopaty przez naklejenie kieszeni łopaty. W tym celu przeprowadzono dwa etapy badań. Pierwszy, ze względu na budowę próbki, nie określił wytrzymałości skleiny, potwierdził jedynie, że nastąpiło wzmocnienie połączenia. Aby określić dokładne parametry i siłę potrzebą do zniszczenia nowo opracowanego połączenia wykonano dwie próbki na obiekcie rzeczywistym. Uwzględniając powstające podczas badań problemy, zdecydowano sprawdzić jaki wpływ na połączenie będzie miało rozcięcie kieszeni przed rozpoczęciem klejenia wzdłuż krawędzi natarcia. Problem stanowiła aplikacja cienkiej warstwy tj. $< 0,2$ w wąskiej szczelinie kieszeni. I wariant – kieszeń wsunięta na łopatę pozwoliła na wzmocnienie nasady łopaty o ok. 20% (siła niszcząca wyniosła 284,8 kN) względem siły potrzebnej do zerwania łopaty nieklejonej. Przez II wariant – kieszeń rozcięta wzdłuż krawędzi natarcia

– zapewniono wzmocnienie nasady o 30%, wartość siły niszczącej wyniosła 306 k kN.

Podsumowując można stwierdzić, że dobrana technologia klejenia pozwoliła na zrealizowanie celu badań – nasada łopaty została wzmocniona. Opracowana została technologia klejenia, tj. dobrano mieszankę i przygotowanie powierzchni zapewniające optymalne warunki dla obiektu rzeczywistego. Zweryfikowano dwa warianty i wybrano taki, który zapewni najlepsze wzmocnienie łopaty u jej nasady.

LITERATURA

- [1] Pobrane z <http://wirnikautorotacyjny.pl>
- [2] Cagle C.V. 1973. „Handbook of adhesive bonding”, McGraw-Hill, California.
- [3] Domińczuk J. 2011. „Wpływ wybranych czynników konstrukcyjnych i technologicznych na wytrzymałość połączeń klejowych”, *Postęp Nauki i Techniki* (10): 14–26.
- [4] Ciecierska B. 2004. „Ocena możliwości klejenia blach ze stali AISI 4130 w konstrukcjach lotniczych”, *TIAM* (1)
- [5] Stalewski W. 2015. „Aerodynamic Design Of Modern Gyroplane Main Rotors”. Transactions of the Institute of Aviation.

Badanie realizowane w ramach projektu „Nowoczesny wirnik autotacyjny”, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Nr POIG.01 03.01-14-007/12 z 22.05.2013 r.

Mgr inż. Małgorzata Wojtas – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Badań Sprzętu i Wyposażenia Lotniczego, e-mail: małgorzata.wojtas@ilot.edu.pl

Mgr inż. Agnieszka Sobieszek – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Badań Sprzętu i Wyposażenia Lotniczego, e-mail: agnieszka.sobieszek@ilot.edu.pl,

Mgr inż. Tomasz Szczepanik – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Konstrukcji Lotniczych – Organizacja Projektująca, e-mail: tomasz.szczepanik@ilot.edu.pl

PROCES WYTWARZANIA UCHWYTÓW DO MOCOWANIA FOTELIKÓW W SAMOCHODACH

Production process of a tether to fitting a child cars seat in passenger cars

Stanisław PŁONKA, Rafał PRZYBYTEK, Piotr ZYZAK

Streszczenie: W artykule przedstawiono proces wytwarzania oraz charakterystykę oprzyrządowania technologicznego do operacji gięcia uchwytów do mocowania fotelików w samochodach osobowych. Zamieszczono tok postępowania przy wyznaczaniu początkowych wymiarów materiału do gięcia.

Słowa kluczowe: procesy wytwarzania, operacje gięcia, oprzyrządowanie technologiczne

Abstract: The paper presents manufacturing process and characteristics of a technological instrumentation for bending operation of a mounting tether to fixing a child car seats in passenger cars. It has been presented a course of proceedings in determining the initial dimensions of the material to the bending operation.

Keywords: manufacturing processes, bending operations, technological instrumentation

Wprowadzenie

W 1999 r. zdefiniowano system ISO-FIX do mocowania fotelików dla dzieci jako międzynarodowy standard dla wszystkich producentów samochodów i fotelików dziecięcych. Przepisy dotyczące ISO-FIX obowiązujące w Europie, zawarte w znowelizowanym regulaminie ECE R 16, zostały jednak zatwierdzone dopiero w 2004 r. [1]. Nałożyły one na producentów samochodów obowiązek wyposażenia każdego nowo wyprodukowanego modelu samochodu w system ISO-FIX. Przepis ten wszedł w życie w lutym 2006 r. i dotyczył modeli, które będą dopiero w fazie projektowania. Natomiast od roku 2011 już wszystkie nowe samochody muszą być wyposażone w ten system.

System ISO-FIX jest uniwersalnym systemem stosowanym we wszystkich nowych modelach samochodów do mocowania fotelików dla dzieci. Charakteryzuje się stałym złączem ze znormalizowanymi punktami mocowania, służącym do pewnego montażu fotelika dziecięcego w pojeździe. Zasadniczym elementem są znormalizowane uchwyty, znajdujące się pomiędzy siedziskiem a oparciem tylnej kanapy, przytwierdzone do karoserii pojazdu, stanowiące bazę zaczepową dla dedykowanych fotelików.

Celem artykułu jest przedstawienie procesu wytwarzania, a w szczególności operacji gięcia na prasach uchwytu do mocowania fotelików dla dzieci w samochodach osobowych oraz konstrukcji oprzyrządowania technologicznego do tej operacji.

Proces wytwarzania uchwytów i niezbędne oprzyrządowanie

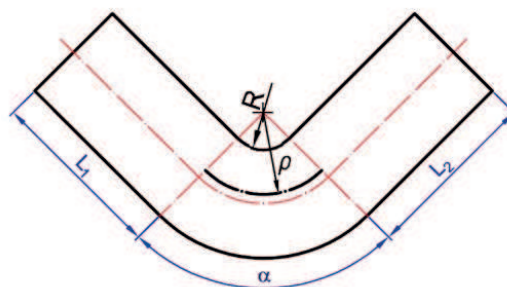
Wyznaczenie wymiarów początkowych półfabrykatu (drułu) do gięcia

Najczęściej stosowanymi półfabrykatami w procesie gięcia są różnych rozmiarów blachy, pręty, druty, rury

i kształtowniki. Ze względu na ich różnorodność i cechy geometryczne gotowego wyrobu rozróżnia się trzy metody gięcia [2-6]:

- gięcie na prasach przy pomocy odpowiednich matryc i stempli (wyginanie, zaginanie, zwiżanie oraz owijanie),
- gięcie przy pomocy kompletu napędzanych walców, najczęściej kształtowych, pomiędzy które wprowadza się materiał (przy pomocy trzech walców, prostowanie na walcach oraz wzdłużne walcowanie kształtowników),
- gięcie przez przeciąganie, służące głównie do zwiżania taśmy w rury za pomocą specjalnych narzędzi z otworem o kształcie zbliżonym do kształtu lejka.

Obliczenie wymiarów półfabrykatu (drułu) do operacji gięcia opiera się na zsumowaniu wszystkich prostoliniowych odcinków w gotowym wyrobie oraz długości wszystkich łuków powstających w trakcie gięcia. Jedynym utrudnieniem jest fakt, że w celu obliczenia długości łuku należy wyznaczyć położenie warstwy neutralnej, oddającej wymiar odcinka użytego do utworzenia łuku w obszarze gięcia. Każdą długość łuku należy wyznaczyć osobno. Schemat postępowania przy wyznaczaniu wymiarów przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Obliczenie wymiarów półfabrykatu do gięcia
Fig. 1. Calculation of dimensions of the blank used to the bending

Długość całkowitą L oblicza się wg schematu

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\alpha}{180^\circ} \cdot \pi \cdot \rho \quad (1)$$

gdzie:

L_1, L_2 – długość odcinków prostoliniowych w [mm],

α – kąt gięcia w [°],

ρ – promień warstwy obojętnej w [mm].

Siła gięcia

Rozpoczynając proces projektowania narzędzi należy zapoznać się z koniecznymi do obliczenia wielkościami. Do opracowania konstrukcji narzędzi do realizacji operacji gięcia obowiązkowo należy obliczyć wymaganą siłę gięcia, aby możliwe było dobranie właściwej prasy. W pierwszej kolejności konieczne jest określenie metody gięcia. Po analizie dokumentacji konstrukcyjnej gotowego wyrobu z drutu $\phi 6$ mm i porównaniu jej z możliwymi sposobami gięcia przyjęto, że półfabrykat będzie zaginany w dwóch operacjach w ten sam sposób jak wyrób gięty w kształt litery U. Ponadto istotny jest fakt, że konieczne jest utrzymanie w jednej płaszczyźnie zaginanych końców drutu. Aby ten warunek był spełniony oraz w celu uzyskania określonej dokładności wymiarowej, należy zdecydować się na gięcie z dociskaniem półfabrykatu lecz bez dotłaczania. Dla wybranej metody gięcia można użyć wzoru na siłę gięcia F_g , która to zależność odnosi się do gięcia z dociskaniem i dotłaczaniem

$$F_g = 0,5 \cdot b \cdot g \cdot R_m \quad (2)$$

Pomija się już wyznaczanie wartości siły dotłaczania F_d , ponieważ nie ma konieczności stosowania dotłaczania w omawianym procesie gięcia. Proces gięcia ostatecznie będzie zachodził przy użyciu obrotowych rolek gnących. Takie rozwiązanie pozwala uniknąć wad powierzchni materiału takich jak zagniecenia czy zatarcia, a ponadto zapewnia większą żywotność narzędzia, a w razie zniszczenia powierzchni gnących (rolek) ułatwia ich wymianę, obniżając jednocześnie koszty.

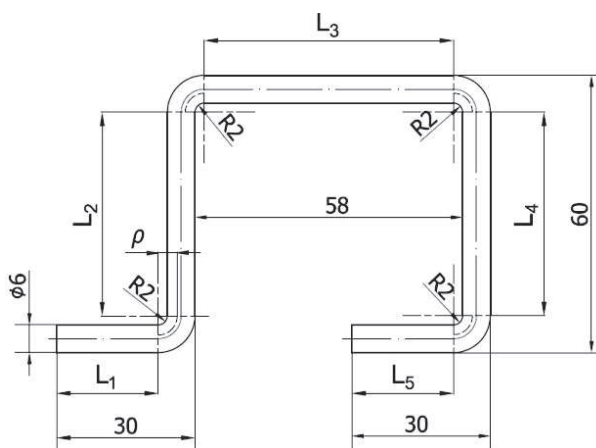
We wzorze na siłę gięcia występują wielkości b (długość linii gięcia) i g (grubość materiału). Łatwo wywnioskować, iż zasadniczo określają one pole powierzchni przekroju giętego półfabrykatu. Biorąc pod uwagę kołowy przekrój półfabrykatu w omawianym procesie gięcia można skorygować wzór, zastępując wyżej wymienione dwie wielkości na analogiczne wyrażenie formułujące pole przekroju kołowego. Wzór na siłę gięcia przyjmie wówczas następującą postać

$$F_g = 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot R_m \quad (3)$$

gdzie:

R – promień przekroju kołowego półfabrykatu w [mm].

Półfabrykatem w procesie produkcyjnym jest drut $\phi 6$ mm, wykonany ze stali S235JRG2. Granica



Rys. 2. Schemat obliczenia długości półfabrykatu
Fig. 2. Calculation diagram of the length of the blank

sprężystości dla tego materiału wynosi $R_{emin} = 235$ MPa, natomiast minimalna wytrzymałość na rozciąganie $R_{mmin} = 340$ MPa. Dysponując powyższymi danymi, można obliczyć wymaganą siłę gięcia

$$F_g = 0,5 \cdot \pi \cdot 3^2 \cdot 340 = 4806,6 \text{ N} \quad (4)$$

Należy pamiętać, że przy każdej operacji gięcia, wykonywane są jednocześnie zagięcia w dwóch miejscach drutu. Wynika z tego, że całkowita wymagana siła gięcia dla pojedynczej operacji wynosi ok. 9613 N. Dysponując prasami o nacisku 250000 N i 400000 N można mieć pewność, że prasy te poprawnie zrealizują operację gięcia.

Minimalny promień gięcia

Dokumentacja konstrukcyjna gotowego uchwytu narzuca wykonanie zagięć o promieniu $R = 2$ mm. Promień ten należy zweryfikować z dopuszczalnym minimalnym promieniem gięcia dla wyrobu z określonego materiału o określonej geometrii. Wyżej wymienione wartości granicy sprężystości i wytrzymałości na rozciąganie dla stali S235JRG2 są zbliżone do wartości charakteryzujących stal C15 (odpowiednio: $R_{emin} = 255$ MPa, $R_{mmin} = 375$ MPa). Na tej podstawie należy dobrać dopuszczalny minimalny promień gięcia dla stali C15. Na uwadze trzeba mieć to, że linia gięcia położona jest prostopadle do kierunku ciągnięcia drutu, natomiast materiał półfabrykatu występuje w stanie uspokojonym. Minimalny promień gięcia wynosi zatem

$$R_{min} = 0,1 \cdot g \quad (5)$$

Grubość materiału jest tożsama ze średnicą giętego drutu, czyli 6 mm, zatem minimalny promień gięcia równy jest 0,6 mm. Oznacza to, że założony promień gięcia R2 jest dopuszczalny.

Kąt sprężynowania

Kąt powrotnego odkształcenia β należy dobrać z tabeli. Stal S235JRG2 jest materiałem, którego wytrzymałość na rozciąganie przekracza 340 MPa. Stosunek promienia gięcia do grubości materiału wynosi $R/g = 2/6 = 0,33$; $(R/g < 1)$, natomiast grubość materiału równa jest $g = 6$ mm. Z powyższych danych wynika, iż kąt sprężynowania w omawianym przypadku nie występuje ($\beta = 0^\circ$).

Wymiary półfabrykatu

Gotowy wyrób jest elementem giętym, zawierającym pięć odcinków prostych oraz cztery obszary gięte (rys. 2). W obszarach giętych należy wyznaczyć położenie warstwy obojętnej, zaznaczonej na rysunku pogrubioną linią przerywaną, które jest definiowane przez promień ρ , a następnie obliczyć długość łuku zawartego w kącie 90° na promieniu ρ . Wszystkie obszary gięcia mają identyczną geometrię, zatem nie trzeba wyznaczać położenia warstwy obojętnej dla każdego z osobna.

Warto zauważyć odcinki o tych samych długościach: $L_1 = L_5$, $L_2 = L_4$.

Odcinki proste można obliczyć w następujący sposób

$$L_1 = L_5 = 30 - 6 - 2 = 22 \text{ mm} \quad (6)$$

$$L_2 = L_4 = 60 - 2 \cdot (6 + 2) = 44 \text{ mm} \quad (7)$$

$$L_3 = L_4 = 58 - 2 \cdot 2 = 54 \text{ mm} \quad (8)$$

Promień warstwy obojętnej oblicza się ze wzoru:

$$\rho = R + x \cdot g \quad (9)$$

Współczynnik x należy dobrać z tabeli [7] dla stosunku $R/g = 0,33$, czemu odpowiada wartość współczynnika $x = 0,32$. Podstawiając do zależności (9), otrzymano

$$\rho = R + x \cdot g = 2 + 0,32 \cdot 6 = 3,92 \text{ mm} \quad (10)$$

W następnej kolejności oblicza się długość L_N warstwy neutralnej, która pozostaje niezmienna w trakcie procesu gięcia

$$L_N = \frac{\alpha}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho \quad (11)$$

gdzie:

α – kąt gięcia w $[\circ]$.

Po podstawieniu wartości do wzoru otrzymuje się

$$L_N = \frac{\alpha}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho = \frac{90}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3,92 \approx 6,16 \text{ mm} \quad (12)$$

Ostatecznie można obliczyć całkowitą długość L_C na jaką powinien być cięty drut przed procesem gięcia, aby uzyskać gotowy wyrób o właściwym kształcie i wymiarach

$$L_C = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 4 \cdot L_N = 210,64 \text{ mm} \quad (13)$$

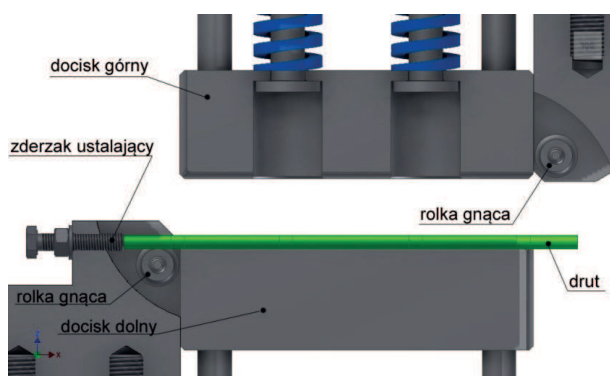
Analogicznie należy obliczyć długość półfabrykatu dla dwóch skrajnych przypadków: w pierwszym gdy wszystkie wymiary będą wykonane z dolną graniczną odchyłką oraz z górną odchyłką w drugim przypadku. Stąd otrzymuje się: $L_{Cmin} = 208,14$ mm $L_{Cmax} = 213,14$ mm.

Można zatem przyjąć długość 210 mm ze względu na pole tolerancji wszystkich wymiarów oraz na wymaganą minimalną i maksymalną długość półfabrykatu.

Proces wytwarzania uchwytu ISO – FIX i niezbędne wyposażenie

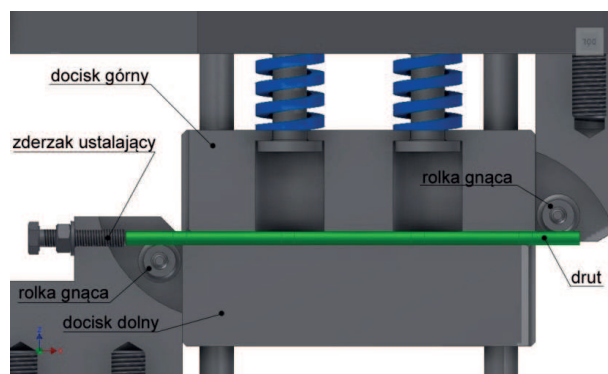
10. Ciąć i fazować końce drutu $\phi 6 \times 210$ mm,

20. Giąć I (zaginać) końcówki drutu $\phi 6$ mm o długości $30 \pm 0,5$ mm pod kątem 90°



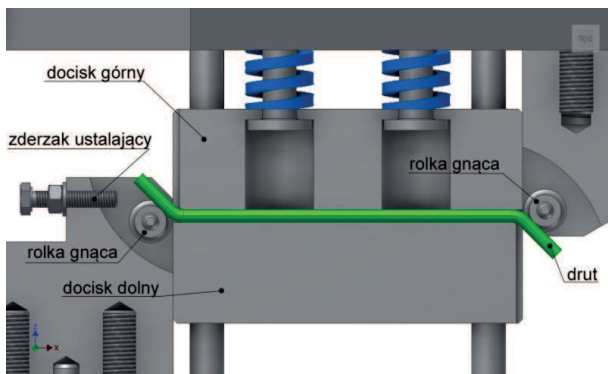
Rys. 3. Zabieg 20.1 operacji 20: Umieszczenie drutu $\phi 6 \times 210$ mm w rowku dolnego docisku i wysunięcie go na określoną długość do zderzaka

Fig. 3. Treatment 20.1 of the Operations 20: Positioning the $\phi 6$ mm wire in the groove of the lower clamp and inserting it into the stop to a specified length

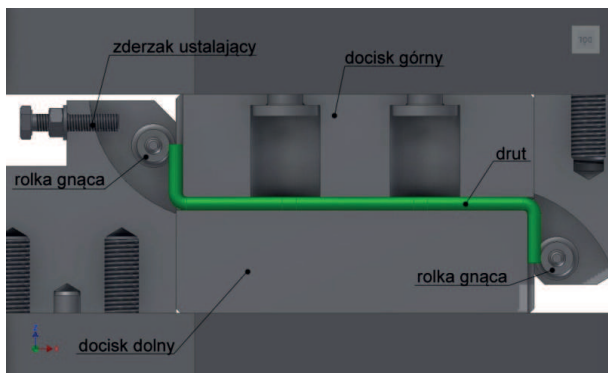


Rys. 4. Zabieg 20.2 operacji 20, faza 1: dociśnięcie drutu $\phi 6 \times 210$ mm dociskiem górnym do dolnego

Fig. 4. Treatment 20.2 of the Operations 20, stage 1: pressing down the $\phi 6 \times 210$ mm wire to the lower clamp

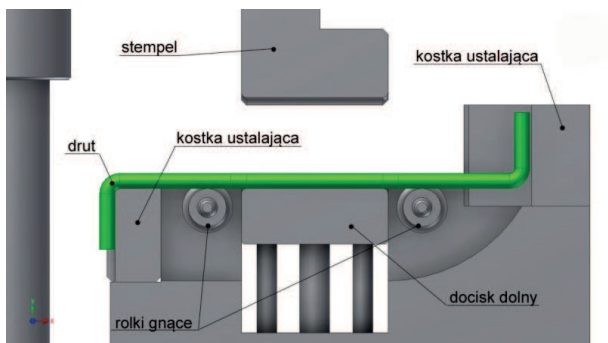


Rys. 5. Zabieg 20.2 operacji 20, faza 2: zagięcie końcówek drutu $\phi 6 \times 210$ mm pod kątem 45° za pomocą rolek
Fig. 5. Treatment 20.2 of Operations 20, stage 2: bending the $\phi 6 \times 210$ mm wire end at the angle 45° by means of rollers

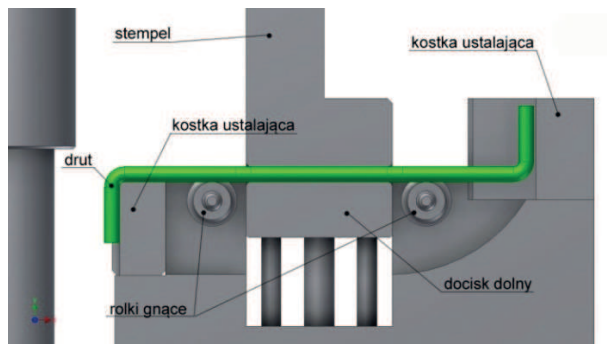


Rys. 6. Zabieg 20.2 operacji 20, faza 3: zagięcie końcówek drutu $\phi 6 \times 210$ mm pod kątem 90° za pomocą rolek
Fig. 6. Treatment 20.2 of the Operations 20, stage 3: bending the $\phi 6 \times 210$ mm wire end at the angle 90° by means bending rollers

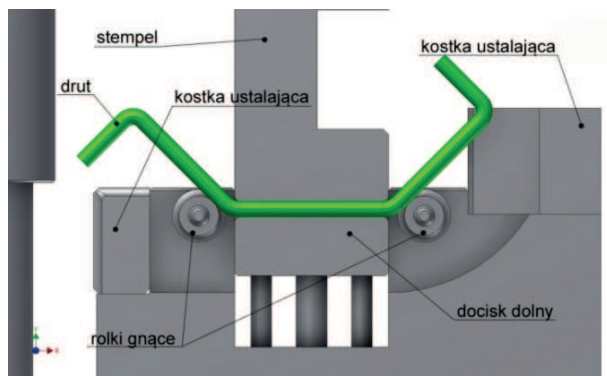
30. Giąć II (zaginać) odcinki o długości $60 \pm 0,5$ mm pod kątem 90° – kształtować na gotowo uchwyt,



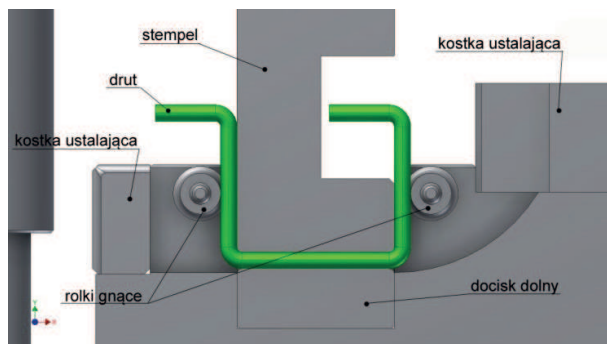
Rys. 7. Zabieg 30.1 operacji 30: Umieszczenie półwyrobu w rowku dolnego docisku i uchwytach rolek, ustalenie jego pozycji w pionie za pomocą kostek ustalających oraz dociśnięcie do rowka bazowego w kostce ustalającej celem ustalenia w poziomie
Fig. 7. Treatment 30.1 of the Operations 30: Positioning the blank in the groove of the lower clamp and setting it in the fixing cubes and pressing down the groove base in the block retainer in order to determine the level of



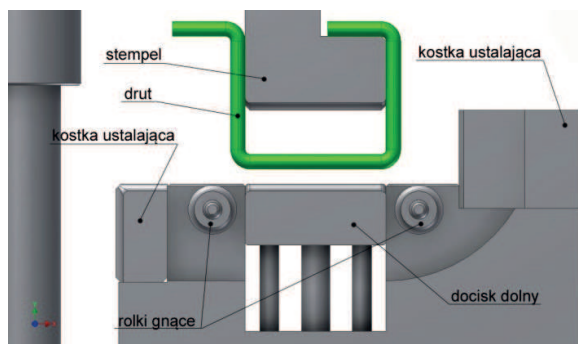
Rys. 8. Zabieg 30.2 operacji 30, faza 1: zaciśnięcie półwyrobu pomiędzy dociskiem dolnym i stemplem o określonym kształcie przy ruchu stempla w dół
Fig. 8. Treatment 30.2 of the Operations 30, stage 1: Clamping of the blank between the lower clamp and punch of a certain shape when punch down



Rys. 9. Zabieg 30.2 operacji 30, faza 2: zagięcie odcinków drutu o długości $60 \pm 0,5$ mm pod kątem 45° za pomocą rolek
Fig. 9. Treatment 30.2 of the Operations 30, stage 2: Bending the $60 \pm 0,5$ mm wire segment at 45° by means bending rollers



Rys. 10. Zabieg 30.2 operacji 30, faza 3: zagięcie odcinków drutu o długości $60 \pm 0,5$ mm pod kątem 90° za pomocą rolek
Fig. 10. Treatment 30.2 of the Operations 30, stage 3: Bending the $60 \pm 0,5$ mm wire segment at 90° by means bending rollers



Rys. 11. Zabieg 30.3 operacji 30: usunięcie wykonanego uchwytu z obszaru roboczego oprzyrządowania

Fig. 11. Treatment 30.3 of the Operations 30: Retracting the punch with ready-shaped handle

Zastosowanie w oprzyrządowaniu rolek służących do kształtowania naroży uchwytu powoduje, że pomiędzy prętem a rolką występuje tarcie toczne. W efekcie uzyskuje się taki sam kształt w przekroju poprzecznym w każdym miejscu giętych naroży oraz na całej długości uchwytu. Ponadto rolki, mające możliwość przemieszczenia się wokół własnej osi (obrotu) w stosunku do rolek stałych, charakteryzują się znacznie dłuższym czasem zachowania kształtu swojego profilu, tj. wyraźnie mniejszym ich zużyciem. Zastosowanie rolek mających możliwość obrotu wokół własnej osi w oprzyrządowaniu do kształtowania naroży uchwytu zwiększa trwałość i żywotność tego oprzyrządowania. Można zatem wykonać dużo większą liczbę sztuk (uchwytów) o tym samym kształcie, przy wykorzystaniu tego samego oprzyrządowania.

Podsumowanie

Proces wytwarzania uchwytów ISO-FIX do mocowania fotelików dla dzieci w samochodach, a w szczególności operacje gięcia wymagają zaprojektowania i wykonania specjalnego oprzyrządowania technologicznego. Konstrukcja każdego elementu oprzyrządowania, a w przypadku elementów podstawowych dla projektowanego procesu wytwarzania (bezpośrednio powodujących plastyczną zmianę kształtu półfabrykatu) – wymaga również uzupełnienia o odpowiednie obliczenia.

W opracowaniu konstrukcji przyrządów do operacji gięcia należy dokonać analizy procesu wytwarzania celem określenia zbioru czynności, stanowiących sytuacje mogące wystąpić w trakcie pracy z przyrządami celem zapewnienia bezpieczeństwa pracy. Konstruktor powinien mieć interdyscyplinarną wiedzę, obejmującą swoim zakresem dostępne materiały konstrukcyjne oraz możliwości ich obróbki, celem poprawnego wyboru materiału dla konkretnego elementu oprzyrządowania. Wiąże się to z optymalizacją konstrukcji, która powinna być wytrzymała, łatwa w wykonaniu i możliwie tania. Przedstawiony proces wytwarzania uchwytów i niezbędne oprzyrządowanie mogą być pomocne dla inżynierów z dziedziny obróbki plastycznej metali, opracowujących konstrukcje oprzyrządowania technologicznego do operacji gięcia nie tylko uchwytów do mocowania fotelików w samochodach.

LITERATURA

- [1] Pobrane z <http://fotelik.info/pl/art/isofix,15.html>.
- [2] Brown J. 1991. *Modern Manufacturing Processes*. Industrial Press Inc.
- [3] Erbel S., K. Kuczyński, Z. Marciniak. 1986. „Obróbka Plastyczna”, Warszawa: PWN wyd. 2 popr.
- [4] Kapiński S. 1996. „Kształtowanie elementów nadwozi samochodów”. Warszawa: WKiŁ.
- [5] Rajput R.K. 2007. „A Textbook of Manufacturing Technology (Manufacturing Processes)”. Laxmi Publications (P) LTD, New Delhi.
- [6] Romanowski W.P. 1964. „Tłoczenie na zimno. Poradnik”. Warszawa: WNT, wyd. 2.
- [7] Werbel J. 2001. „Encyklopedia technik wytwarzania stosowanych w przemyśle maszynowym”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Płonka – Katedra Technologii Maszyn i Automatyk Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, 43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, e-mail: splonka@ath.bielsko.pl

Mgr inż. Rafał Przybytek – TI Poland Sp. z o.o., 43-346 Bielsko-Biała, ul. Bestwińska 143a, e-mail: rprzybytek@pl.tiauto.com

Dr inż. Piotr Zyzak – Katedra Technologii Maszyn i Automatyk Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, 43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, e-mail: pyzak@ath.bielsko.pl

UMACNIANIE ZAKŁADKOWYCH POŁĄCZEŃ KLEJOWYCH STOPU TYTANU Ti6Al4V METODĄ PNEUMOKULOWANIA

Strengthening of adhesive joints of Ti6Al4V alloy by pneumatic ball peening method

Władysław ZIELECKI, Katarzyna KORZYŃSKA

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu umacniania metodą pneumokulowania zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V. Pneumokulowanie przeprowadzono kulkami stalowymi o średnicy 1,5 mm, a intensywność umocnienia regulowano czasem obróbki, który zmieniano w zakresie 10–30 s. Przeprowadzone badania wykazały wzrost wytrzymałości na ścinanie zakładkowych połączeń klejowych wykonanych ze stopu Ti6Al4V o 42–63% w następstwie umacniania metodą pneumokulowania.

Słowa kluczowe: umacnianie, połączenia klejowe, stop Ti6Al4V, kulowanie

Abstract: The article discusses the results of researches concerning the strengthening of single lap adhesive joints of Ti6Al4V titanium alloy with the use of pneumatic ball peening method. In the process steel shots with the diameter of 1.5 mm have been applied. Intensity of strengthening was controlled by a treatment time, which was 10, 20 and 30 seconds. The study showed an increase in lap shear strength of adhesive joints made of alloy Ti6Al4V by 42-63% as a result of strengthening by pneumatic ball peening method.

Keywords: strengthening, adhesive joints, Ti6Al4V alloy, shot peening

Wprowadzenie

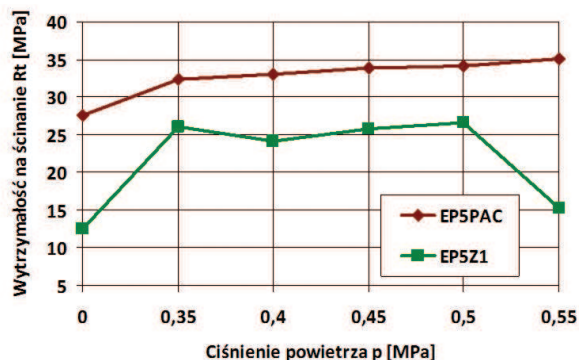
Podstawowe właściwości wytrzymałościowe połączeń klejowych (nośność P oraz wytrzymałość na ścinanie R_t) uzależnione są od wielu czynników do których zaliczamy:

- konstrukcję złącza lub jego strefy przykrawędziowej [1, 4],
- sposób przygotowania powierzchni klejonych części [2, 3],
- skład kompozycji klejowej [1],
- warunki procesu sieciowania (temperatura, czas, ciśnienie).

Wymienione czynniki związane są z fazą formowania złącza klejowego. Przedstawione w pracach [4-6] wyniki badań wskazują na możliwość umacniania zakładkowych połączeń klejowych metodą pneumokulowania. Wytrzymałość na ścinanie zakładkowych połączeń ze stali S235JR sklejonych kompozycją Epidian 5 z utwardzaczem PAC (dającą spoinę elastyczną) $R_t = 27,5$ MPa w następstwie umacniania metodą pneumokulowania wzrosła do wartości $R_t = 32,4 - 35,1$ MPa, tj. o 17–27% (rys. 1). Wzrost ciśnienia sprężonego powietrza rozprężającego nagniatające kulki powodował proporcjonalny wzrost wytrzymałości na ścinanie badanych połączeń.

Nagniatanie dynamiczne okazało się o wiele bardziej efektywne w odniesieniu do próbek sklejonych kompozycją Epidian 5 z utwardzaczem Z1 (dającą spoinę sztywną). Wytrzymałość na ścinanie zwiększyła się z $R_t = 12,5$ MPa do $R_t = 24,2 - 26,6$ MPa, tj. wzrosła o 93–112% (rys. 1). W przypadku tej kompozycji klejowej

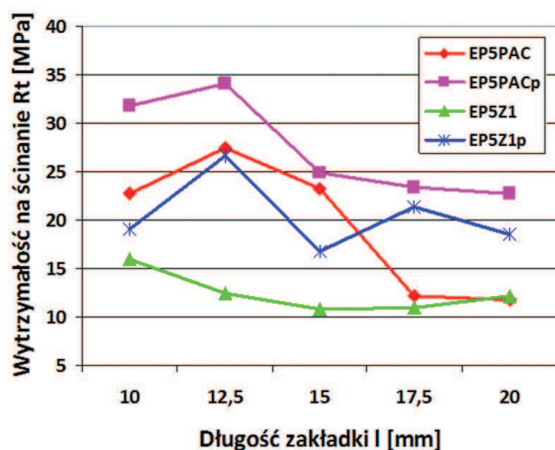
nie ujawniono istotnej zależności między wytrzymałością na ścinanie a ciśnieniem pneumokulowania. Stwierdzono jedynie, że pneumokulowanie z maksymalnym badanym ciśnieniem $p = 0,55$ MPa spowodowało gwałtowny spadek efektywności nagniatania, co może być spowodowane niszczeniem więzi kohezyjnych lub adhezyjnych w sztywnej spoinie klejowej przez odkształcenia zakładek, wywołane naprężeniami konstytuowanymi podczas pneumokulowania.



Rys. 1. Wpływ ciśnienia powietrza podczas pneumokulowania na wytrzymałość na ścinanie R_t zakładkowych połączeń ze stali S235JR sklejonych kompozycjami Epidian 5 + PAC (EP5PAC) oraz Epidian 5 + Z1 (EP5Z1) [5]

Fig. 1. The influence of air pressure during pneumatic ball peening in the adhesive joint shear strength (R_t) of S235JR steel bonded Epidian 5/PAC (EP5PAC) and Epidian 5/Z1 (EP5/Z1) compositions [5]

Badania eksperymentalne wpływu długości zakładki na wytrzymałość połączeń klejowych wskazują, że maksymalną wytrzymałość uzyskują połączenia o długości zakładki 12,5 mm. Zwiększanie długości zakładki powoduje zmniejszenie wytrzymałości o 6–57% w przypadku połączeń sklejonych kompozycją Epidian 5 + PAC oraz o 22–32% połączeń sklejonych kompozycją Epidian 5 + Z1 (rys. 2). Pogorszenie wytrzymałości spowodowane jest zmianą sztywności wywołaną zwiększeniem długości zakładki. Umocnienie metodą pneumokulowania połączeń sklejonych kompozycją Epidian 5 + PAC spowodowało zwiększenie wytrzymałości na ścinanie o 11–94%, przy czym największą efektywność 91–94% uzyskano dla najdłuższych zakładek ($l = 17,5\text{--}20,0$ mm). W przypadku połączeń sklejonych kompozycją Epidian 5 + Z1 pneumokulowanie spowodowało zwiększenie wytrzymałości na ścinanie o 18–112%.



Rys. 2. Wpływ długości zakładki i pneumokulowania na wytrzymałość na ścinanie R_t zakładkowych połączeń ze stali S235JR sklejonych kompozycjami Epidian 5 + PAC (EP5PAC) oraz Epidian 5 + Z1 (EP5Z1), literą p oznaczone są połączenia pneumokulowane [4]

Fig. 2. The influence of lap length and pneumatic ball peening in the adhesive joint shear strength (R_t) of S235JR steel bonded Epidian 5/PAC (EP5PAC) and Epidian 5/Z1 (EP5Z1) compositions, the adhesive joints after pneumatic ball peening are marked with p [4]

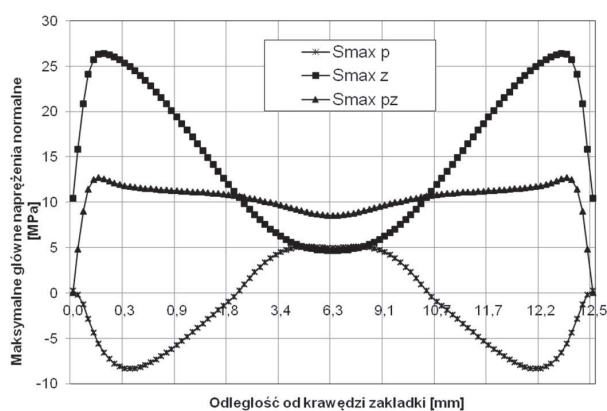
Przeprowadzona metodą elementów skończonych analiza stanu naprężeń w spoinie zakładkowego połączenia klejowego (rys. 3) [4, 6] wskazuje, że:

- przyłożenie obciążenia zewnętrznego konstytuuje w strefie przykrawędziowej spoiny klejowej stan naprężeń, w którym maksymalne główne naprężenia normalne σ_1 osiągają wartość 27 MPa,
- pneumokulowanie, wywołujące w warstwie wierzchniej klejonych elementów ściskające naprężenia własne, konstytuuje w strefie przykrawędziowej spoiny klejowej stan naprężeń, w którym maksymalne główne naprężenia normalne σ_1 osiągają wartość -8 MPa,
- przyłożenie obciążenia zewnętrznego do połączeń wstępnie pneumokulowanych konstytuuje w spoinie

klejowej stan naprężeń wskazujący na sumowanie się naprężeń ukonstytuowanych podczas pneumokulowania z naprężeniami wywołanymi obciążeniem zewnętrznym, co powoduje zmniejszenie maksymalnych głównych naprężeń normalnych σ_1 do wartości 12 MPa.

Pneumokulowanie zakładkowego połączenia klejowego powoduje zmniejszenie maksymalnych głównych naprężeń normalnych σ_1 w spoinie klejowej, co bezpośrednio przekłada się na wzrost ich wytrzymałości na ścinanie.

Pozytywne rezultaty umacniania zakładkowych połączeń klejowych zdecydowały o podjęciu badań, których celem było sprawdzenie efektywności umacniania pneumokulowaniem zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V.



Rys. 3. Rozkład maksymalnych głównych naprężeń normalnych σ_1 (maximal principal stress) w warstwie środkowej spoiny klejowej złączy: p – pneumokulowanych, z – obciążonych siłą zewnętrzną, pz – pneumokulowanych i obciążonych siłą zewnętrzną [4]

Fig. 3. Maximum principal stress distribution in the center layer of adhesive joints: p – after pneumatic ball peening, z – at which the external force is applied, pz – after pneumatic ball peening and applying an external force [4]

Metodyka badań

Próbki do badań wykonano z blachy ze stopu tytanu Ti6Al4V (zawierającego oprócz tytanu 5,5–6,75% aluminium, 3,5–4% wanadu, do 0,3% żelaza, do 0,2% tlenu, do 0,05% azotu, do 0,08% węgla oraz do 0,01% wodoru). Zakładkowe połączenia klejowe wykonano z dwóch pasków blachy o długości $a = 100$ mm, szerokości $b = 25$ mm, grubości $g = 2$ mm, które złączono klejem Araldite 2014-1 na zakładkę o długości $d = 12,5$ mm.

Araldite 2014-1 to konstrukcyjny, dwuskładnikowy klej epoksydowy, stosowany do klejenia metali oraz kompozytów, kamienia i ceramiki, tworzący sztywną spoinę, mający wysoką odporność na temperaturę, chemikalia i trwałość w długim okresie użytkowania. Mieszany w stosunku wagowym 2:1 utwardza się równomiernie w całej masie już w temperaturze 10°C i pracuje w szerokim zakresie temperatur (-60°C do 140°C).

Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałościowych zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V umocnionych metodą pneumokulowania

Table 1. The results of strength tests on single lap adhesive joints of Ti6Al4V titanium alloy strengthened by pneumatic ball peening method

Czas pneumokulowania [s]	P_{tsr} [N]	$P_{min}-P_{max}$ [N]	σP_t [N]	ΔP_t [%]	R_t [MPa]
0	5970	5740-6150	208,8	–	19,1
10	8480	7700-9410	831,5	42,1	27,1
20	9154	7520-10700	1190,3	53,4	29,3
30	9726	8290-10600	898,3	63,1	31,1

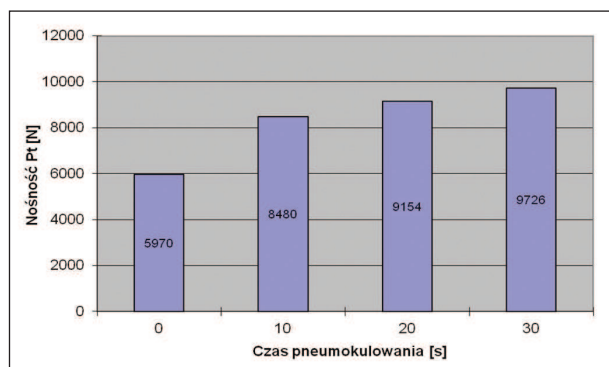
Powierzchnię łączonych pasków blachy obrobiono strumieniowo-ściernie elektrokorundem (w ośrodku sprężonego powietrza) w następujących warunkach: rozmiar ziarna $wz = 0,27$ mm, ciśnienie powietrza $p = 0,7$ MPa, czas $t = 30$ s oraz poddano ultradźwiękowemu myciu w acetonie przez 2 min.

Proces sieciowania przebiegał w temperaturze otoczenia $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ przez 7 dni, z naciskiem 0,05 MPa w przyrządzie mechanicznym. Umocnianie złącza klejowego metodą pneumokulowania przeprowadzono w urządzeniu komorowym kulkami stalowymi o średnicy $dk = 1,5$ mm, które rozpędzono strumieniem sprężonego powietrza o ciśnieniu $p = 0,6$ MPa. Obydwie strony złącza pneumokulowano przez 10 do 30 s.

Badania wytrzymałości na ścinanie zakładkowych połączeń klejowych przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z030. W trakcie próby wytrzymałościowej połączenia klejowe obciążano siłą osiową z prędkością 5 mm/min.

Wyniki badań

Wyniki badań wytrzymałościowych zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V umocnionych metodą pneumokulowania przedstawiono w tab. 1 oraz na rys. 4. Wyznaczona w próbie ścinania średnia nośność nieumocnionych połączeń klejowych wynosząca 5970 N (wytrzymałość na ścinanie 19,1 MPa) wzrosła



Rys. 4. Porównanie nośności połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V umocnionych metodą pneumokulowania

Fig. 4. Comparison capacity of adhesive joints of Ti6Al4V titanium alloy strengthened by pneumatic ball peening method

w następstwie pneumokulowania do 8480–9726 N (wytrzymałość na ścinanie 27,1–31,1 MPa). Nośność połączeń klejowych poddanych pneumokulowaniu wzrosła proporcjonalnie do czasu obróbki, co wskazuje na możliwość sterowania efektem umacniania za pomocą parametrów pneumokulowania.

Uzyskane wyniki badań wytrzymałościowych wskazują na konieczność przeprowadzenia rozszerzonych badań wpływu parametrów pneumokulowania (czasu obróbki t , ciśnienia powietrza p , średnicy kulek d_k) na wytrzymałość zakładkowych połączeń klejowych stopu tytanu Ti6Al4V.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość stosowania pneumokulowania (nagniatania strumieniowego rozproszonego) do umacniania zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V. Nośność połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V poddanych pneumokulowaniu zwiększyła się o 42–63%. Nośność badanych połączeń klejowych zwiększała się proporcjonalnie ze wzrostem czasu pneumokulowania, co wskazuje na możliwość sterowania procesem umacniania zakładkowych połączeń klejowych ze stopu tytanu Ti6Al4V za pomocą parametrów obróbki umacniającej.

LITERATURA

- [1] Godzimirski J., J. Kozakiewicz, J. Łunarski, W. Zielecki. 1997. „Konstrukcyjne połączenia klejowe elementów metalowych w budowie maszyn”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [2] Zielecki W., P. Pawlus, R. Perłowski, A. Dzierwa. 2011. „Analiza wpływu struktury geometrycznej powierzchni w układzie 3D na wytrzymałość połączeń klejowych”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (1): 33–37.
- [3] Zielecki W., P. Pawlus, R. Perłowski, A. Dzierwa. 2013. „Surface topography effect on strength of lap adhesive joints after mechanical pre-treatment”. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* (13): 175–185.
- [4] Zielecki W. 2009. „Determinanty určujúce pevnostné vlastnosti lepených spojov”. *Vedecké Spisy Strojníckej Fakulty, Zväzok 02, Edícia: Habilitačné a inauguračné spisy*. Košice

- [5] Zielecki W. 1998. „Wytrzymałość połączeń klejowych po nagniataniu dynamicznym”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (4): 25–28.
- [6] Zielecki W., R. Pełowski, T. Trzepieciński. 2007. „Analiza stanu naprężeń w spoinie zakładkowego połączenia klejowego umocnionego metodą pneumokulowania”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (1): 31–33.

Dr hab. inż. Władysław Zielecki – Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 12, e-mail: wzktmiop@prz.edu.pl

Mgr Katarzyna Korzyńska – Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 12, e-mail: kk@prz.edu.pl

OPRACOWANIE TECHNOLOGII KLEJENIA ANODOWANEGO STOPU ALUMINIUM 6005 T6 STOSOWANEGO W LOTNICTWIE

Bonding technology development of anodized aluminum alloy 6005 T6 used in aviation

Agnieszka SOBIESZEK, Małgorzata WOJTAS, Tomasz SZCZEPANIK

Streszczenie: W artykule opisano przebieg badań doświadczalnych, mających na celu określenie technologii klejenia dla stopów aluminium. Proces opracowania technologii oparto na badaniach anodowanego stopu aluminium 6005 T6. Z wybranego stopu aluminium wykonuje się elementy wirnika nośnego wiatrakowca tj. łopaty oraz kieszenie łopat. We wstępie artykułu przedstawiono zalety procesu klejenia w zastosowaniach lotniczych. Opisano warianty przygotowania powierzchni i dobór substancji klejącej, spośród dedykowanych aluminium, dwuskładnikowych klejów epoksydowych oraz żywicy epoksydowej z wypełniaczem. Omówiono kolejne etapy przygotowania każdej z czterech z zaproponowanych metod przygotowania powierzchni. Opisano przebieg badań oraz stanowisko badawcze zapewniające czyste ścinanie połączeń klejonych. System akwizycji danych zapewnił rejestrację przebiegu siły w funkcji przemieszczenia. Przeanalizowano zalety i wady wybranych wariantów połączeń w odniesieniu do zastosowań w lotnictwie, uwzględniając warstwę anody, która nie powinna być naruszona podczas przygotowania powierzchni. Na podstawie wytrzymałości statycznej na ścinanie oraz pozostałych kryteriów (tj. łatwość przygotowania mieszanki klejącej i aplikacji kleju, pracochłonność przygotowania powierzchni oraz minimalizacja ingerencji w warstwę anodowaną, koszty, czas potrzebny do pełnego utwardzania) określono optymalne parametry klejenia dla duralu 6005 T6. Przeprowadzone prace badawcze i otrzymane wyniki wytrzymałości statycznej połączeń klejonych stanowią podstawę do wykorzystania opracowanej technologii na rzeczywistym obiekcie. Analiza wyników uwzględniająca wszystkie zawarte w pracy badawczej kryteria pozwoliła na określenie optymalnych parametrów połączenia klejonego, tj. konkretnej mieszanki klejącej przy jednej z przebadanych powierzchni klejenia.

Słowa kluczowe: klejenie, wytrzymałość połączeń na ścinanie, stopy aluminium, wiatrakowiec

Abstract: This article describes the testing process to determine bonding technology for aluminum alloys, this process was developed based on anodized 6005 T6 aluminum alloy research. The components of gyro rotor ie. the blades and blades pockets are made of that aluminum alloy. In the introduction of this paper advantages of the bonding process in aerospace industry are presented. Variants of surface preparation and selection of the adhesive (dedicated to aluminum two-component epoxy adhesives and epoxy resin with the filler) were described. Discussed the steps of preparing each of four of the proposed methods of surface preparation. The conduct of the study and test stand to provide a pure shear bonded joints were describes. The data acquisition system assured the registration course of force versus displacement. The advantages and disadvantages of selected variants joints for uses in aviation, taking into account the anode layer, which should not be violated during surface preparation were analyzed. On the basis of static shear strength and other criterias (ie. the ease of adhesive mixture preparation, adhesive application, surface preparation workload to minimize interference with the anodized layer, costs and time needed for a full curing) for optimal adhesion for 6005 T6 aluminum alloy were determined. Conducted research and the results of bonded joints static strength provide a basis for the use technology to the real object. Analysis of the results, taking into account all included criteria allowed to define optimum conditions for adhesive connection, selected adhesive for one of the tested bonding surface.

Keywords: bonding, shear strength joints, aluminum alloys, gyroplane

Wprowadzenie

Połączenia klejone odgrywają dużą rolę w rozwoju nowoczesnych konstrukcji lotniczych. Wytwarzane elementy konstrukcyjne powinny mieć dużą sprawność konstrukcyjną, niezawodność oraz powinny zapewniać bezpieczeństwo. Dlatego też istotne jest zapewnienie optymalnych połączeń. Dzięki ciągłemu rozwojowi technologii klejenia, dopasowaniu odpowiednich parametrów procesu w zależności od zastosowanych materiałów, można określić optymalne warunki procesu klejenia dla konkretnych materiałów konstrukcyjnych.

Zaletą wyboru technologii klejenia jako metody połączeń stosowanych w lotnictwie jest przede wszystkim relacja wytrzymałości do wagi konstrukcji (przy wytrzymałości

porównywalnej do nitowania, spawania, zgrzewania czy lutowania) oraz możliwość łączenia materiałów o różnych właściwościach fizycznych i chemicznych. Istotną cechą, zwłaszcza w konstrukcjach śmigłowców są właściwości tłumiące drgania. Dodatkowe zapewniają brak zmian strukturalnych w klejonych materiałach w przeciwieństwie do spawania, zgrzewania czy lutowania oraz stanowią dobry środek uszczelniający i umożliwiają regenerację konstrukcji. Czas i koszt wykonania połączenia klejonego jest w większości przypadków mniejszy niż inne metody połączeń stosowane w przemyśle lotniczym [1, 2].

Celem badań jest określenie wytrzymałości połączeń klejonych anodowanego stopu aluminium (6005 T6), z którego zostały wykonane łopaty wirnika nośnego wiatrakowca oraz kieszenie przez które łopata montowana

Tab. 1. Sposoby przygotowania powierzchni anodowanego aluminium

Tab. 1. The way of anodized aluminum surface preparation

		Powierzchnia I	Powierzchnia II	Powierzchnia III	Powierzchnia IV
Etapy przygotowania powierzchni	1	Odtłuszczenie za pomocą rozpuszczalnika (aceton)	Usuwanie zanieczyszczeń za pomocą środka czyszczącego niezawierającego chloru	Odtłuszczenie za pomocą rozpuszczalnika (aceton)	Odtłuszczenie powierzchni za pomocą rozpuszczalników (np. aceton)
	2	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenie)	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)
	3	–	Odtłuszczenie za pomocą rozpuszczalnika (aceton)	Trawienie za pomocą 35% roztworu kwasu fosforowego przez 10 [min]	Obróbka ręczna za pomocą papieru ściernego o ziarnistości 400–600
	4	–	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)	Odtłuszczenie za pomocą rozpuszczalnika (aceton)
	5	–	–	–	Kąpiel w wodzie destylowanej i suszenie (w temperaturze otoczenia)

jest na głowicy. Analizie poddano połączenia klejone aluminium (w postaci próbek) z zastosowaniem różnych substancji klejących przy różnie przygotowanych powierzchniach. Porównano sposoby przygotowania powierzchni połączeń w odniesieniu do ich wytrzymałości.

Technologia klejenia

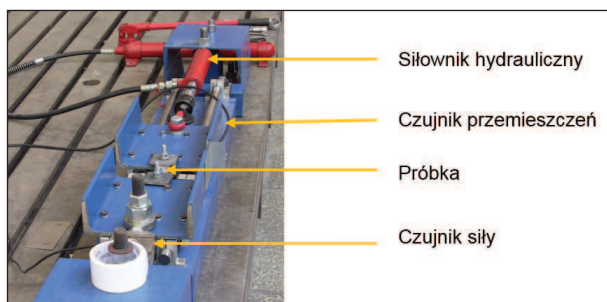
W przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych próbki pozyskano metodą cięcia laserowego z duralowej, anodowanej łopaty dedykowanej wiatrakowcom klas B, C i D. Próbki poddano badaniom na stanowisku badawczym, zapewniającym czyste ścinanie połączenia klejonego. Powierzchnia połączenia klejonego wynosiła 30 × 15 [mm]. Po ówczesnej analizie substancji dedykowanych do klejenia aluminium oraz powszechnie używanych w lotnictwie klejów i żywic epoksydowych, uwzględniając ich parametry wytrzymałościowe, wybrano następujące substancje do prób eksperymentalnych:

- Epidian 52 z utwardzaczem Z1 (100:13 [g]) oraz wypełniaczem w postaci krzemionki (ok. 2% wagowo), pełne utwardzenie (w temperaturze 20°C) po 7–8 dniach,
- Araldite 2011 – klej epoksydowy, dwuskładnikowy (100:80 [g]), który osiąga pełne utwardzenie (w temperaturze 20°C) po 36 h,
- Elen-tech ADH 90.91.– dwuskładnikowy klej epoksydowy (100:45 [g]), pełne utwardzenie (w temperaturze 20°C) po 48 h.

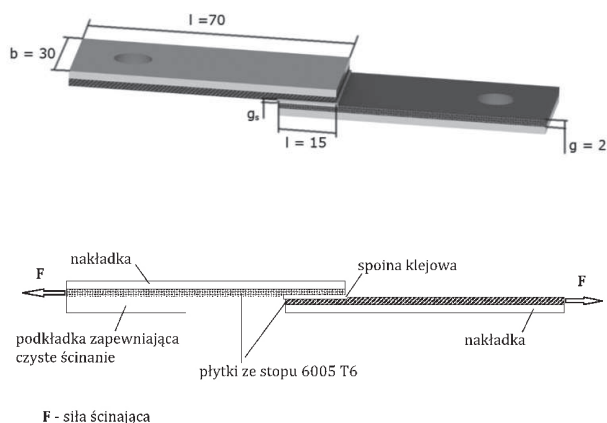
Przegląd literaturowy oraz wstępne badania własne pozwoliły na wybranie sposobów przygotowania powierzchni dla anodowanego aluminium [3-5] i przedstawiono je w tab. 1. Stopy aluminium przeznaczone do klejenia nie są zazwyczaj anodowane ze względu na pogorszenie właściwości skleiny. Warstwę anodowaną przed przystąpieniem do procesu klejenia zazwyczaj usuwa się chemicznie, stosując kąpiele w kwasie chromowym lub fosforowym albo mechanicznie. Wadą manualnego matowienia powierzchni przy pomocy papieru ściernego, jak w przypadku powierzchni IV, jest stosunkowo mała powtarzalność. Sposób przygotowania I i II powierzchni nie narusza warstwy anodowanej. W przypadku kiedy nie można naruszyć warstwy anodowanej, przygotowując powierzchnie do klejenia, stosuje się środki czyszczące niezawierające chloru (powierzchnia II). Najmniej pracochłonny i najbardziej ekonomiczny jest I sposób przygotowania powierzchni.

Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze zaprojektowano w taki sposób, aby możliwe było poprawne wykonanie badań połączeń klejonych – zapewniono czyste ścinanie. Część wykonawcza stanowiska badawczego (rys. 1) składała się z siłownika hydraulicznego do zadawania siły, tensometrycznego czujnika siły oraz optycznego czujnika przemieszczeń. Akwizycja danych była realizowana urzędzaniem NI PXIe z dedykowaną aplikacją napisaną



Rys. 1. Część wykonawcza stanowiska badawczego do badania połączeń klejonych na ścinanie
Fig. 1. Test stand for testing bonded joints



Rys. 2. Schemat próbki połączenia klejonego i sposobu zadawania siły
Fig. 2. Bonding sample schematic and way of force input

w LabView, która rejestrowała w czasie rzeczywistym siłę w funkcji przemieszczenia.

Próbki badane na stanowisku są klejone na zakładkę. Ze względu na siły występujące przy próbie konieczne było wzmocnienie próbki stalowymi nakładkami. Konieczność zastosowania stalowych nakładek wynikała ze wstępnych prób, podczas których okazało się, że wytrzymałość aluminium T6005 T6 była mniejsza niż wytrzymałość połączenia klejonego i próbka ulegała zerwaniu w miejscu mocowania na stanowisku. Rys. 2 przedstawia schemat próbki i sposób zadawania siły. W celu uzyskania miarodajnej odpowiedzi o wytrzymałość połączenia kolejnego wykonano po 5 próbek z każdego z zaproponowanych wyżej wariantów. Wymiary próbek nie były znormalizowane. Materiał na próbki pozyskano z płaskownika, jaki dało się wyciąć metodą cięcia laserowego z profilu aerodynamicznego łopaty wykonanej metodą ciągnięcia

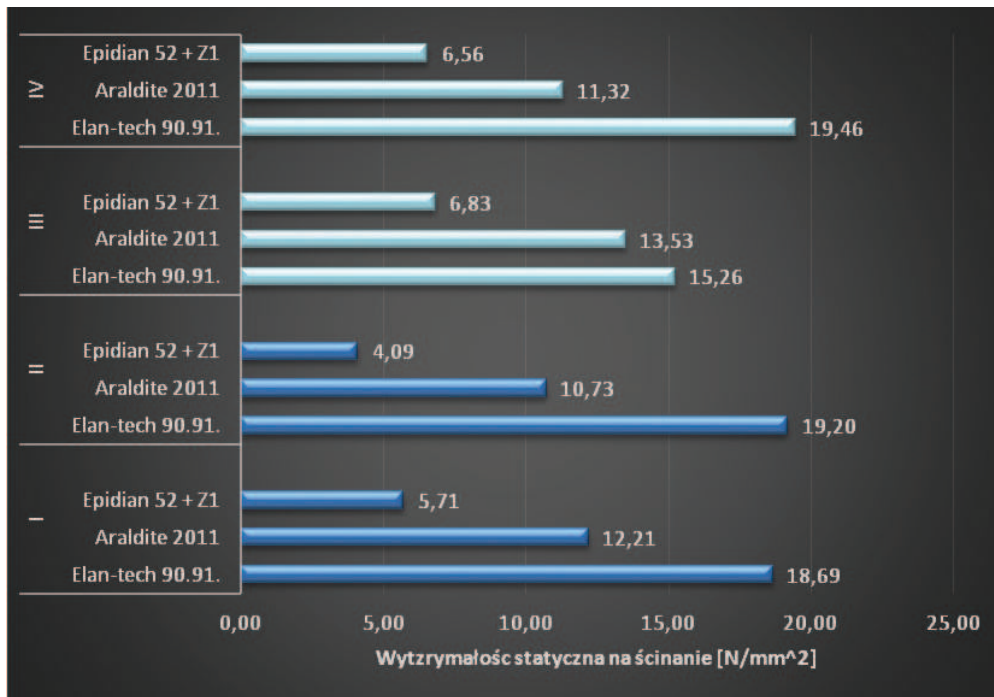
w hucie. Ze stopu aluminium 6005 T6 nie wykonuje się blach, dlatego jedyną możliwością pozyskania próbek do przeprowadzanych badań było wycięcie ich z gotowych profili. Wymiary połączenia klejowego były następujące, a kontrole grubości spoiny klejowej realizowano za pomocą mikrometru:

- grubość aluminiowych płaskowników – 2 mm,
- grubość stalowych nakładek – 2,5 mm,
- szerokość próbek – 30 mm,
- długość próbek – 70 mm,
- długość zakładki spoiny klejowej – 15 mm,
- grubość spoiny klejowej ok. 0,1 mm.

Tab. 2. Wyniki próby wytrzymałościowej próbek klejonych z aluminium 6005 T6 dla różnie przygotowanych powierzchni klejenia i mieszanek klejących

Tab. 2. Stress test results of aluminum 6005 T6 bonding joints for differently prepared bonding surfaces and adhesive mixtures

Powierzchnia	Mieszanka klejąca	Średnia siła zrywająca [N]	Wytrzymałość statyczna na ścinanie R_t [N/mm ²]
I	Elan-tech 90.91.	8410,00 ± 356	18,69
	Araldite 2011	5492,50 ± 340	12,21
	Epidian 52 + Z1	2568,00 ± 231	5,71
II	Elan-tech 90.91.	8640,00 ± 472	19,20
	Araldite 2011	4830,00 ± 301	10,73
	Epidian 52 + Z1	1842,00 ± 120	4,09
III	Elan-tech 90.91.	6865,00 ± 672	15,26
	Araldite 2011	6088,00 ± 147	13,53
	Epidian 52 + Z1	3072,50 ± 171	6,83
IV	Elan-tech 90.91.	8756,00 ± 384	19,46
	Araldite 2011	5094,00 ± 248	11,32
	Epidian 52 + Z1	2950,00 ± 320	6,56



Rys. 3. Wyttrzymałość statyczna na ścinanie
Fig. 3. Static shear strenght

Analiza wytrzymałości połączeń klejonych

Na podstawie wyników badań wytrzymałości połączeń klejonych aluminiowych próbek wybrano technologię przygotowania powierzchni oraz klej, który zapewni optymalne parametry wytrzymałościowe dla tego typu połączeń. Za kryterium oceny przyjęto wytrzymałość statyczną na zrywanie połączeń (tab. 2). Pod uwagę wzięto również takie aspekty jak: łatwość przygotowania mieszanki klejącej i aplikacji kleju, pracochłonność przygotowania powierzchni oraz minimalizacja ingerencji w warstwę anodowaną, koszty substancji klejących, czas potrzebny do pełnego utwardzania. Elan-tech 90.91. oraz Araldite 2011 są dostępne w dozownikach z mieszalnikami, które zapewniają łączenie składników kleju w odpowiednich proporcjach oraz uzyskanie jednorodnej mieszanki. Natomiast przygotowanie Epidianu 52 wraz z utwardzaczem Z1 oraz wypełniaczem wymaga wykorzystania precyzyjnej wagi, gdzie każdy ze składników przed połączeniem musi zostać zważony, a następnie metodą mieszania mechanicznego połączony w jednorodną mieszankę. Klej powinien zapewniać możliwie szybkie utwardzanie, ponieważ docelowo ma być stosowany w warunkach warsztatowych przy elementach o dużych gabarytach, wykluczających wygrzewanie w piecu.

Analizując wyniki (rys. 3) stwierdza się, że najwyższą wytrzymałość statyczną na ścinanie ma klej Elan-tech 90.91. Maksymalna wartość wytrzymałości statycznej na ścinanie $R_t = 19,46$ [N/mm²] przypada na powierzchnię IV. Porównywalne wartości wytrzymałości zostały osiągnięte w przypadku powierzchni II.

Podsumowanie i wnioski

Badania wytrzymałościowe na czyste ścinanie próbek z aluminium 6005 T6 pozwoliły określić optymalną w danych warunkach technologię klejenia oraz dobrać najlepszą mieszankę klejącą spośród wybranych substancji dedykowanych aluminium. Uwzględniono również minimalizację ingerencji w warstwę anodowaną, dlatego mimo porównywalnych osiągnięć wytrzymałościowych powierzchnia IV została odrzucona. Dodatkową wadą była stosunkowo mała powtarzalność wyników w porównaniu do innych metod przygotowania powierzchni. Substancją klejącą, która przy każdej metodzie przygotowania powierzchni przewyższała osiągniętą wartość wytrzymałości statycznej pozostałe mieszanki klejące jest Elan-tech 90.91. Nie tylko zwiększenie średniej siły zrywającej przemawia za wyborem tej substancji do badań dowodowych, ale również konsystencja, która zapewnia łatwe rozprowadzanie po powierzchni próbki. Najmniej odpowiednią substancją klejącą, zarówno ze względu na wytrzymałość, jak również czas utwardzania i łatwość przygotowania mieszanki, okazał się dla każdej z przygotowanych powierzchni Epidian 52 z utwardzaczem Z1 i krzemionką. Ostatecznie wybrana metoda przygotowania powierzchni (powierzchnia II), mimo większej pracochłonności pozwoliła osiągnąć lepsze wyniki wytrzymałościowe niż zastosowanie powierzchni I. Do badań dowodowych postanowiono odrzucić powierzchnie, które w jakikolwiek sposób ingerowały w warstwę anody. Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono dalsze badania, w efekcie badania

dowodowe, które miały na celu potwierdzenie technologii klejenia, która jest w stanie wzmocnić nasadę łopaty wirnika nośnego wiatrakowca.

Badanie realizowane w ramach projektu „Nowoczesny Wirnik Autortacyjny”, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Nr POIG.01 03.01-14-007/12 22.05.2013 r.

LITERATURA

- [1] Cagle C.V.. 1973. „Handbook of adhesive bonding”. McGraw-Hill, California.
- [2] Ciecińska B. 2004. „Ocena możliwości klejenia blach ze stali AISI 4130 w konstrukcjach lotniczych”. *TIAM* (1)
- [3] Domińczuk J. 2011. „Wpływ wybranych czynników konstrukcyjnych i technologicznych na wytrzymałość połączeń klejowych”. *Postęp Nauki i Techniki* (10) 14–26.

- [4] Kłonica M., Kuczmaszewski J. 2013. „Badania skuteczności klejenia stopu tytanu Ti6Al4V i stali nierdzewnej 0H18N9. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji”. 651–662.
- [5] Sęp J. 2014. „Połączenia stosowane w konstrukcjach lotniczych”. *STAL Metale & Nowe Technologie*. 128–133.

Mgr inż. Agnieszka Sobieszek – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Badań Sprzętu i Wyposażenia Lotniczego, e-mail: agnieszka.sobieszek@ilot.edu.pl,

Mgr inż. Małgorzata Wojtas – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Badań Sprzętu i Wyposażenia Lotniczego, e-mail: małgorzata.wojtas@ilot.edu.pl

Mgr inż. Tomasz Szczepanik – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Zakład Konstrukcji Lotniczych – Organizacja Projektująca, e-mail: tomasz.szczepanik@ilot.edu.pl

EUROPEJSKA LEGITYMACJA ZAWODOWA INŻYNIERA MA JUŻ TRZY LATA

Adam BARYLSKI

Mijają właśnie trzy lata odkąd w Polsce – jako jednym z pierwszych krajów Europy – 1 stycznia 2013 r. rozpoczęto wydawać inżynierom różnych specjalności kartę zawodową inżyniera.

Jednolity rynek jest z założenia jednym z podstawowych celów Unii Europejskiej. Obecnie w wielu dziedzinach osiągnięto już wysoki poziom spójności i otwartości na różne wyroby i usługi pochodzące z krajów członkowskich. Ważna jest też mobilność wykształconych specjalistów, co wpływa na szybkie wchodzenie młodych ludzi w aktywne życie zawodowe i skuteczne poszukiwanie profesjonalistów dla innowacyjnych działań inwestycyjnych. Takie spojrzenie znalazło też odzwierciedlenie w pracach Parlamentu Europejskiego, wspieranego przez organizacje zawodowe w różnych krajach. Wyrazem tego jest m.in. Zielona Księga, jako dokument Komisji Europejskiej z 22 czerwca 2011 r. pt. „Unowocześnienie dyrektywy w sprawie uznawania kwalifikacji zawodowych” oraz Akt Jednolitego Rynku – dokument przedstawiony podczas polskiej prezydencji w Krakowie w październiku 2011 r. Istotnym wydarzeniem było też przekazanie memorandum młodzieży na krakowskim forum prof. Buzkowi i komisarzowi Barnierowi, w którym wskazano na bariery ograniczające mobilność młodych ludzi wkraczających w życie zawodowe. W rezultacie Komisja Europejska przyjęła 19 grudnia 2011 r. wniosek dotyczący modernizacji dyrektywy w sprawie uznania kwalifikacji zawodowych (nr 2005/36/WE) i skierowała go do Parlamentu Europejskiego.

Zgodnie z Dyrektywą Rady i Parlamentu Europejskiego *Karta Zawodowa Inżyniera jest niezbędna do ułatwienia czasowej mobilności i czasowego uznawania kwalifikacji w ramach systemu automatycznego, a także promowania uproszczonego procesu uznawania kwalifikacji w ramach systemu ogólnego. Legitymacja powinna być wydawana na wniosek specjalisty oraz po przedstawieniu niezbędnych dokumentów i przeprowadzeniu związanych z nimi procedur w zakresie przeglądu i weryfikacji przez właściwe organy.*

Artykuł 4a Dyrektywy stanowi, że *Państwa członkowskie wyznaczają właściwe organy do wydawania europejskich legitymacji zawodowych. Organ te zapewniają bezstronne, obiektywne i terminowe rozpatrywanie wniosków o wydanie legitymacji. Ośrodki wsparcia (...) również mogą pełnić funkcje właściwego organu do celów wydania tej legitymacji zawodowej. Państwa członkowskie dopilnują, aby właściwe organy informowały obywateli, w tym ewentualnych wnioskodawców, o korzyściach związanych z posiadaniem europejskiej legitymacji zawodowej, w których jest ona dostępna.*

W środowisku inżynierów sprawa ta spotkała się z bardzo pozytywnym przyjęciem. Rolę reprezentanta profesjonalistów o wykształceniu technicznym i koordynatora prac związanych z wdrożeniem dyrektywy podjęła się Europejska Federacja Inżynierskich Stowarzyszeń Narodowych (FEANI), założona w 1951 r. przez: Austrię, Belgię, Luksemburg, Niemcy, Szwajcarię i Włochy. Od maja 1997 r. siedzibę federacji przeniesiono z Brukseli do Paryża. Obecnie FEANI liczy 32 członków reprezentowanych przez jednego delegata organizacji inżynierskich krajów członkowskich. Narodowe organizacje członkowskie stanowią Narodowe Komitety FEANI. Polskim Członkiem Narodowym od września 1992 r. jest Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych – FSNT NOT. W ten sposób FEANI reprezentuje interesy ponad 3,5 mln europejskich inżynierów.

FEANI ma status konsultatywny UNESCO, UNIDO i Rady Europy, ponadto ściśle współpracuje z Komisją Europejską jako organem wykonawczym UE w sprawach dotyczących zawodu inżyniera oraz uznawania dyplomów dla celów akademickich i zawodowych, nie tylko w Europie, ale i w: USA, Australii i Kanadzie. Głównym celem federacji FEANI jest umacnianie zawodowej tożsamości inżynierów w Europie przez zabezpieczenie, ochronę i promowanie zawodowych interesów inżynierów, sprzyjanie procesom umacniania jedności pomiędzy inżynierami europejskimi, podnoszenie rangi zawodu inżyniera w społeczeństwie oraz jego odpowiedzialności wobec społeczeństwa, a także ułatwianie wzajemnego uznawania kwalifikacji zawodowych inżynierów europejskich i ochrony ich tytułów, sprzyjanie swobodnemu przepływowi inżynierów w Europie i świecie oraz dążenie do zapewnienia wysokiego poziomu kształcenia inżynierów i ich praktyki zawodowej oraz ich regularny przegląd.

Udział Polski w FEANI stwarza polskim inżynierom możliwość ubiegania się o tytuł inżyniera europejskiego. Umożliwia też polskim uczelniom technicznym zdobycie uznania na równi z uczelniami zachodnioeuropejskimi, dowodem czego jest ich włączenie do Indeksu FEANI. Dzięki temu polskie tytuły „magister inżynier” i „inżynier” są uznawane w Europie na równi z niemieckimi i brytyjskimi, a polscy inżynierowie stają się już po ukończeniu uczelni technicznej potencjalnymi kandydatami do tytułu „inżyniera europejskiego”. Tytuł „Eur Ing” jest równoważny legalnym krajowym kwalifikacjom inżynierskim. Ubieganie się w Polsce o tytuł „Eur Ing” wymaga tytułu magistra inżyniera oraz co najmniej dwóch lat praktyki zawodowej. Od 1999 r., zgodnie z ustaleniami procesu bolońskiego, krajowe systemy szkolnictwa wyższego, w tym kształceniu inżynierów i przyznawane im tytuły

zawodowe, podlegają stopniowemu ujednoczeniu i akredytacji na terenie całej Europy. Wszystkie polskie uczelnie techniczne były akredytowane przez FEANI, a wymogi co do standardów kształcenia i praktyk przemysłowych dla studentów obecnie są uznawane obecnie przez Polską Komisję Akredytacyjną (wcześniej Państwową Komisję Akredytacyjną). Pośrednikiem w tym procesie akredytacyjnym była Naczelna Organizacja Techniczna.

Pierwszy rejestr inżynierów, tzw. „Rejestr zawodów z wyższym wykształceniem technicznym” FEANI opracowała w 1970 r., który obowiązywał do 1987 r. i w tym samym roku zastąpiono go nowym „Rejestrem Inżynierów Europejskich”, zwanym rejestrem FEANI, ustanawiając jednocześnie tytuł inżyniera europejskiego – Eur Ing. Celem tego Rejestru jest ułatwienie przepływu inżynierów czynnych zawodowo wewnątrz i na zewnątrz wspólnoty FEANI, stworzenie ram dla wzajemnego uznawania kwalifikacji inżynierów – gwarancji ich kompetencji i umiejętności oraz dostarczenie przyszłym pracodawcom interesujących ich danych o inżynierach. Zdaniem Komisji Europejskiej wpis do rejestru FEANI wskazuje, że inżynier osiągnął poziom umiejętności zawodowych, poświadczonych przez kompetentne gremia inżynierskie na szczeblu narodowym i europejskim. W konkluzji Komisja Europejska stwierdziła, że zagraniczni inżynierowie, znajdujący się w Rejestrze FEANI, nie powinni być poddawani w typowych warunkach okresowi adaptacji lub dodatkowym egzaminom kompetencyjnym przed podjęciem zatrudnienia za granicą. Tytuł Eur Ing jest rekomendowany przez UE jako wzorcowy przykład samoregulacji zawodu inżyniera przez adekwatne środowisko zawodowe. Tytuł ten umieszcza się zwyczajowo przed nazwiskiem.

Podczas walnego zebrania FEANI 5 października 2012 r. w Rzymie podpisana została umowa, między FEANI i pierwszymi dziewięcioma organizacjami narodowymi z: Chorwacji, Czech, Holandii, Irlandii, Luksemburga, Niemiec, Portugalii, Słowenii i Polski (nasz kraj reprezentowała FSNT NOT), określająca warunki i zasady wdrażania legitymacji zawodowych dla inżynierów w tych krajach. Zgodnie z tymi postanowieniami Zarząd Główny FSNT NOT powołał Narodowy Komitet Rejestracyjny ds. Zawodowej Karty Inżyniera, w którego skład weszli przedstawiciele stowarzyszeń naukowo-technicznych, Polskiej Akademii Nauk, uczelni technicznych i NOT. Prace proceduralne realizowane są w oparciu o podpisaną umowę oraz szczegółowy podręcznik opracowany przez FEANI. Do realizacji technicznej wytwarzania karty w kraju, spełniającej wszelkie wymogi instrukcji FEANI i mającej szereg odpowiednich zabezpieczeń, wybrano Polską Wytwórnię Papierów Wartościowych.

Na plastikowej legitymacji wielkości dowodu osobistego zapisane zostały następujące informacje: nazwisko i imię posiadacza karty, kraj, data urodzenia, numer karty i data jej wydania, data ważności legitymacji, przyznane kategorie (A1, A2, A3 – zależnie od ukończonych studiów wyższych, B1, B2, B3 – w zależności od doświadczenia zawodowego zdobytego w przedsiębiorstwie produkcyjnym prywatnym lub państwowym, w usługach lub w firmie

własnej, C1, C2, C3 – potwierdzające rodzaj zaliczonego kształcenia uzupełniającego), logo FEANI oraz logo NOT.

Można mieć nadzieję, że pełne wdrożenie systemu karty zawodowej w Europie będzie stanowić ważny element tworzenia jednolitego rynku wiedzy i pracy. Może to również pomóc w poszukiwaniu ciekawych praktyk przemysłowych dla studentów I, II i III stopnia, gdyż warto zauważyć, że absolwenci I stopnia studiów inżynierskich mogą ubiegać się o taką legitymację. Po ukończeniu studiów magisterskich lub doktoranckich, ukończonych obroną rozprawy, wraz z rozwojem praktyki zawodowej i zaliczeniu kolejnych modułów kształcenia ustawicznego legitymacja może być co kilka lat uaktualniana o nowe informacje. Warto więc skorzystać z możliwości różnego rodzaju specjalistycznych szkoleń prowadzonych na wielu uczelniach technicznych.



01 - Nazwisko / Print	08	
02 - Imię / Given Name	09 - Studia / Academic studies	Data / Date
03 - Data i miejsce urodzenia / Date and Place of Birth	A1 - Inżynier / Bachelor	
04a - Data rejestracji / Date of registration	A2 - Magister inżynier / Master	
04b - Data ważności / Date of validity	A3 - Dr inż.	
05 - Data wystawienia / Date of issue	Doświadczenie zawodowe / Professional Experience	
06 - Data ważności / Date of validity	B1 - Przedsiębiorstwo / Free Economy	
07 - Nazwa / Name	B2 - Służba publiczna / Civil Service	
08 - Tytuł / Title	B3 - Działalność gospodarcza / Self-employed	
09 - Kwalifikacja / Qualification	Dokształcanie zawodowe / Further Education Liczba / Number	
	C1 - Szkolenie z zaświadczeniem / Tutorial with Certificate of Attendance	
	C2 - Szkolenie zakończone egzaminem / Tutorial with Final Exam	
	C3 - Studia podyplomowe / Advanced Education with Certificate	

Wzór karty zawodowej inżyniera

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

NOWE KSIĄŻKI

Jerzy Łunarski: Certyfikacja w działalności gospodarczej i rozwojowej. Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa 2015. Stron 272.



W ubiegłym roku Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego wydał kolejną książkę prof. Jerzego Łunarskiego pt. „Certyfikacja w działalności gospodarczej i rozwojowej”, w której została przedstawiona problematyka związana z oceną zgodności i certyfikacją. Zgodnie z opinią zawartą we wstępie do książki, znajomość tej problematyki pozwoli na podniesienie kultury technicznej społeczeństwa i umiejętności oceny nabywanych

produktów i usług, co powinno wpłynąć na podniesienie jakości dostarczonych konsumentom produktów.

Książka została podzielona na 13 rozdziałów, do których dołączono spis ważniejszych definicji, indeks użytych oznaczeń i skrótów oraz obszerną literaturę przedmiotu.

W początkowych rozdziałach książki zaprezentowano przegląd historyczny i ogólny zagadnień związanych z certyfikacją, podstawy normalizacji, stanowiącej zasadniczy element procesów oceny zgodności.

W następnych rozdziałach przedstawiono podstawy, zasady i praktyki wykorzystywane w procesach oceny zgodności, takie jak: aspekty prawne, problemy i procesy mierzenia stosowane w ocenach zgodności, problemy związane z audytem obiektów podlegających ocenie zgodności.

W kolejnych rozdziałach książki przedstawiono szczegółowo zasady funkcjonowania współczesnego systemu oceny zgodności i certyfikowania, podano normy regulujące te zagadnienia, wyjaśniono sens akredytacji i certyfikacji, scharakteryzowano obszary certyfikacji obowiązkowej i dobrowolnej.

W końcowych rozdziałach przedstawiono praktyczne aspekty procesów oceny zgodności i certyfikacji, zaprezentowano sposoby badań i pomiarów obiektów certyfikowanych, cechy charakterystyczne funkcjonowania systemu oceny zgodności oraz ważniejsze procedury certyfikacyjne.

W ostatnim rozdziale dokonano oceny korzyści, jakie wnoszą systemy oceny zgodności i certyfikacji w rozwój cywilizacyjny i społeczny.

Książka jest przeznaczona głównie dla pracowników przedsiębiorstw, administracji państwowej i samorządowej, pracowników organizacji pozarządowych. Może być również użyteczna dla różnych grup konsumentów, a także dla studentów kierunków inżynieria produkcji i zarządzania oraz innych o zbliżonej tematyce.

Prenumeratę kwartalnika „Technologia i Automatykacja Montażu”
można zamówić na stronie www.sigma-not.pl.

UNIDRIVE HS30 I HS70 — NAPĘDY PRZEZNACZONE DO WYSOKICH PRĘDKOŚCI

Firma Emerson z siedzibą w St. Louis w Missourii (USA) jest globalnym liderem dostarczającym równocześnie technologię i inżynierię, zapewniającą innowacyjne rozwiązania dla klientów z rynku przemysłowego, komercyjnego i konsumenckiego z całego świata. Firma Emerson rozszerzyła swoją linię napędów o zmiennej prędkości Control Techniques o dwa nowe modele, przeznaczone specjalnie do zastosowań wymagających wysokich prędkości.

Napędy o zmiennej prędkości Unidrive HS30 oraz HS70 mogą osiągać częstotliwość wyjściową 3000 Hz i nadają się do zastosowań wysokoobrotowych, wymaganych często w urządzeniach służących do testowania silników i napędów w motoryzacji i lotnictwie, w produkcji narzędziami do obróbki skrawaniem oraz do wirówek w branży naftowej i spożywczej i produkcji napojów. Są zaprojektowane w oparciu o specyfikację zmiennoprędkościowych napędów Control Techniques Unidrive M700 oraz Unidrive M300, jednak w przeciwieństwie do modeli Unidrive M napędy HS30 i HS70 zaprojektowano i wykonano specjalnie do zastosowań wysokoobrotowych.

Nowe napędy są zgodne z nowymi przepisami UE oraz uregulowaniami USA dotyczącymi eksportu produktów podwójnego zastosowania. Dotyczy to produktów zazwyczaj stosowanych do celów cywilnych, lecz takich które mogą mieć również zastosowanie wojskowe lub przyczynić się do rozprzestrzeniania broni masowego rażenia.

Napęd Unidrive HS30 przeznaczony jest do zastosowań, które wymagają nieskomplikowanej integracji z systemami zabezpieczeń, zawiera podwójną funkcję Dual STO oraz funkcję zaawansowanej regulacji strumienia wirnika w silnikach indukcyjnych w pełni otwartej.

Istniejące modele Unidrive M, ograniczone do częstotliwości 550 Hz, są produktami, które nie podlegają kontroli wg nowych przepisów UE i USA ograniczających sprzedaż napędów o zmiennej prędkości o częstotliwości wyjściowej przekraczającej 600 Hz - nie dotyczą ich ograniczenia eksportowe.

LEPSZA TECHNOLOGIA OZNACZA WIĘKSZĄ WYDAJNOŚĆ W OBRÓBCE TYTANU I STALACH NIERDZEWNYCH DZIĘKI NOWEMU FREZOWI VARIMILL III ER FIRMY WIDIA

Pełnowęglkowy frez walcowy VariMill III ER, mający siedmiorówkową konstrukcję z zatoczeniem mimośrodowym krawędzi, został skonstruowany w celu osiągnięcia wyższych wartości usuwania metalu, dłuższej żywotności

i poprawionej jakości wykończenia powierzchni wymagających materiałów obrabianych, takich jak tytan i jego stopy. VariMill III ER jest prawdziwym frezem walcowym do obróbki wykańczającej, zapewniającym większe wartości usuwania metalu, dłuższą żywotność i poprawioną jakość wykończenia powierzchni w wymagających materiałach, takich jak tytan czy stal nierdzewna.

Nowo opracowana powłoka oraz proces zastrzeżonej obróbki przed i po nałożeniu powłoki znacznie poprawiają spójność krawędzi skrawających. Oznacza to wyższe wartości usuwania metalu, dłuższą żywotność narzędzia i poprawę wykończenia powierzchni przedmiotu obrabianego z kosztownych, wymagających materiałów. Narzędzie zostało zaprojektowane jako prawdziwy frez walcowy do operacji wykańczania z możliwością uzyskania do 30% promieniowego zetknięcia z przedmiotem obrabianym.

Wymagające rynki, takie jak branża lotnicza i energetyka są zdefiniowane przez zapotrzebowanie na zwiększoną wydajność. W odpowiedzi na te wymagania WIDIA oferuje produkty VariMill IIIER w pełnej linii opcji obejmującej wersje 2,3 i 5xD oraz wszystkie promienie i sfazowane naroża popularne w sektorze lotniczym, w wersjach calowych i metrycznych. Wraz z coraz szerszym zastosowaniem technologii produkcji przyrostowej (addytywnej) w branży lotniczej, zaobserwuje się trend stopniowego przechodzenia od operacji obróbki zgrubnej do operacji obróbki półwykańczającej i wykańczającej, w których zwiększoną wydajność zapewnia Aramil III ER. VariMill III ER jest również dostępny w opcji SAFE LOCK firmy Hamer eliminującej niebezpieczeństwo wyciągnięcia narzędzia z oprawki oraz zwiększającej stabilność i współśrodkowość montażu narzędzia, co z kolei zwiększa, jakość wykończenia obrabianych powierzchni.

Połączenie z NOVO

Warto również podkreślić, że pełnowęglkowe frezy walcowe VariMill są dostępne przez NOVO, aplikację cyfrowej wiedzy procesowej opracowaną przez WIDIA. Dzięki potężnej wiedzy procesowej, dostępnej na platformę iPad i inne urządzenia cyfrowe, NOVO pomaga użytkownikom zdefiniować parametry procesów obróbki, takie jak zagłębianie skośne i rowkowanie w określonych materiałach roboczych, a następnie natychmiast zredukować zestaw produktów do takich, które są w stanie wykonać zadanie (jak produkty VariMill). Aplikacja NOVO oferuje w ten sposób znacznie bardziej użyteczną wiedzę procesową niż jakikolwiek inny katalog online – a wszystko to w minimalnym czasie w porównaniu do konwencjonalnych rozwiązań.

Jak rozwija się TWOJA branża?

AATEST
OCHRONA PRACY

AURA
OCHRONA ŚRODOWISKA

CHŁODNICTWO

**CIEPŁOWNICTWO
OGRZEWNICTWO
WENTYLACJA**

**dozór
techniczny**

Elektronika
konstrukcje • technologie • zastosowania

**Gaz, Woda
i Technika Sanitarna**
Gas, Water & Sanitary Engineering

Mięsna GOSPODARKA
GM

**GOSPODARKA
WODNA**

HUTNIK
WIADOMOŚCI HUTNICZE

**INŻYNIERIA
MATERIAŁOWA**

**MATERIAŁY
LUDOWLANE**

Odpowiedzi szukaj w PRASIE FACHOWEJ

**ochrona
przed korozją**

Opakowanie

**Problemy
jakości**
PROBLEMS OF QUALITY

**PRZEGLĄD
ELEKTROTECHNICZNY**

**PRZEGLĄD
PG
GASTRONOMICZNY**

**PRZEGLĄD
geodezyjny**
Pracownicy Naukowo-Techniczny Stowarzyszenia Geodetów Polskich

**przeгляд
papierniczy**

**przeгляд
piekarski
i cukierniczy**

**PRZEGLĄD
Mechaniczny**

**PRZEGLĄD
TECHNICZNY**
GAZETA INŻYNIERSKA

**Przeгляд
TELEKOMUNIKACYJNY**
WIADOMOŚCI TELEKOMUNIKACYJNE

**PRZEGLĄD WŁOKNO
ODZIEŻ
WŁOKNIENICZY**
SKORA

www.sigma-not.pl

**PRZEGLĄD
ZBOŻOWO
MŁYŃNARSKI**

**przemysł
chemiczny**

**Przemysł
Fermentacyjny
i Owocowo-Warzywny**
pfoowpl
Fermentation- and Fruit & Vegetable Processing Industry

**PRZEMYSŁ
SPOŻYWCZY**

**rudy
i metale
nieżelazne**
recykling

TiAM
TECHNOLOGIA
I AUTOMATYZACJA
MONTAŻU
ZESPÓŁÓW • MASZYN • URZĄDZEŃ

**Wiadomości
Elektrotechniczne**

**WOKÓŁ
PŁYTEK
CERAMICZNYCH**

PORTAL INFORMACJI TECHNICZNEJ

www.sigma-not.pl



ponad
90 000 e- publikacji
ponad
30 tytułów w jednym miejscu

PRASA FACHOWA

SIGMA-NOT

www.sigma-not.pl



WWW.SIGMA-NOT.PL