

foto. IMBiGS

SKORZYSTAJ Z NASZEJ WIEDZY

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

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

Czasopisma dostępne tylko w prenumeracie wariantach:

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



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

70 lat
WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

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

Redaktorzy tematyczni:

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

RADA PROGRAMOWO-NAUKOWA:

Prof. Dario Antonelli (Politecnico di Torino, Włochy), prof. Bronius Baksys (Kaunas University of Technology, Litwa), prof. Marek Balaziński (Ecole Polytechnique Montreal, Kanada), prof. Adam BARYLSKI (Politechnika Gdańska), mgr inż. Magdalena Borek-Daruk (SIGMA-NOT), prof. Józef Gawlik (Politechnika Krakowska) – z-ca przewodniczącego, prof. Jan Godzimirski (WAT), prof. Stefan Góralczyk (IMBiGS), prof. Mikulas Hajduk (Technická Univerzita v Kosiciach, Słowacja), prof. Michael Kheifetz (Polski Gosudarstwiennyj Uniwersytet, Białoruś), doc. dr inż. Radek Knoflíček (FME Brno, Czechy), prof. Mark Kristal (Volgograd State Technical University, Rosja), prof. Józef Kuczmaszewski (Politechnika Lubelska), prof. Piotr Lebkowski (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 Kosiciach, 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 Technologiczeskij Uniwersytet, Rosja), prof. Jan Żurek (Politechnika Poznańska) – przewodniczący

ADRES REDAKCJI:

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

PRENUMERATA:

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

REKLAMA:

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

SKŁAD I ŁAMANIE:

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

WYDAWCA:



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



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

PATRONAT:

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników i Techników Polskich

Za treść ogłoszeń i artykułów promocyjnych redakcja nie odpowiada

Cena prenumeraty rocznej 80 zł
Wersja pierwotna: elektroniczna

W numerze

- Puka R., Lebkowski P.: Analiza wpływu równoległego i sekwencyjnego wykorzystania przycisków na poprawność wprowadzania ciągów poleceń do urządzeń 5
- Kristal M., Getmancewa T., Szirikij A.: Ocena charakterystyk strumieni wytwarzanych przedmiotów w technologicznych systemach montażowych 10
- Barylski A.: Konstrukcyjno-technologiczne aspekty stosowania uchwytów modułowych i specjalnych w operacjach obróbkowych 14
- Koziół S., Matecki K., Samborski T., Zbrowski A., Baba G.: Głowica do nanoszenia mieszanki elastomerowej na taśmę linii technologicznej . 18
- Godzimirski J., Tkaczuk S.: Analiza przydatności hipotezy Hubera do oceny wytrzymałości spoin klejowych 25
- Rośkiewicz M., Gąsior J.: Nośność i trwałość zmęczeniowa połączeń hybrydowych 30
- Rudawska A., Miturska I., Semotiuk L.: Wpływ rodzaju kleju i sposobu przygotowania powierzchni na wytrzymałość połączeń klejowych blach ze stali C45 34

Puka R., Łebkowski P.: Effect of simultaneous and sequential use of keys on the correctness of entering command strings into devices	5	Пука Р., Лебковски П.: Анализ параллельного и последовательного использования управляющих кнопок на правильность ввода поручений до установок.	5
Kristal M., Getmancewa T., Szirokij A.: Evaluation of the characteristics of production flows in assembly process systems	10	Кристалъ М., Гетманцева Т., Широкий А.: Оценка характеристик потоков предметов производства в сборочных технологических системах	10
Barylski A.: Design and technological aspects of application of modular and special fixtures in machining operations	14	Барыльски А.: Конструкционно-технологические вопросы применения модульных и специальных приспособлений в обрабатывающих операциях	14
Kozioł S., Matecki K., Samborski T., Zbrowski A., Baba G.: A head for dispensing an elastomeric mix onto a manufacturing line conveyor	18	Козел С., Матецки К., Самборски Т., Збровски А., Баба Г.: Головка для подачи эластомерной смеси на ленту технологической линии	18
Godzimirski J., Tkaczuk S.: Analysis of von mises hypothesis usefulness for adhesive layer effort estimate.	25	Годзимирски Я., Ткачук С.: Анализ пригодности гипотезы Губера для оценки напряжений клеевых соединений.	25
Rośkowicz M., Gąsior J.: Load capacity and fatigue life of hybrid joints.	30	Роськович М., Гонсиор Я.: Несущая способность и долговечность гибридных соединений	30
Rudawska A., Miturska I., Semotiuk L.: The influence of adhesive type and surface treatment on the strength of C45 steel sheets adhesive joints	34	Рудауска А., Митурска И., Семотюк Л.: Влияние состава клеевой смеси и способа подготовки поверхности на прочность клеевых соединений стальной жести С45	34

Wskazówki dotyczące przygotowania artykułów

- Artykuły przeznaczone do opublikowania w kwartalniku „Technologia i Automatykacja Montaży” 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 winny być ponumerowane cyframi arabskimi i umieszczone w nawiasach kwadratowych. W przypadku korzystania z Internetu należy podać adres strony i datę odczytu. Liczbę autocytaowań należy ograniczyć do niezbędnych.
- Do artykułu należy dołączyć streszczenie w jęz. artykułu i jęz. angielskim, zawierające minimum 200–250 słów.
- Pod streszczeniem należy podać 3–6 słów kluczowych w jęz. artykułu i jęz. angielskim, zwracając uwagę, by nie były one powtórzeniem tytułu pracy.
- Po spisie literatury zaleca się podanie źródła finansowania pracy.
- Na końcu artykułu należy podać: imiona i nazwiska autorów, tytuły naukowe lub zawodowe, telefon, faks, e-mail, miejsce zatrudnienia wraz z adresem do korespondencji.

Procedura recenzowania

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

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

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

Lista recenzentów publikowana jest w ostatnim zeszycie każdego rocznika.

Warunki prenumeraty kwartalnika „Technologia i Automatykacja Montaży” w 2019 r.

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

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

Rabaty:

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

10% – dla prenumeratorów podpisujących z Wydawnictwem 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 Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT
ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa
- **dokonując wpłaty na konto:**
Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o., ul. Ratuszowa 11,
00-950 Warszawa PKO BP 24 1020 1026 0000
1002 0250 0577 (w tytule przelewu należy podać nazwę czasopisma, liczbę zamawianych egzemplarzy i okres prenumeraty).

„TECHNOLOGIA I AUTOMATYZACJA MONTAŻU” BENEFICJENTEM PROGRAMU „WSPARCIE DLA CZASOPISM”

Martyna JACHIMOWICZ

Szanowni Państwo!

Miło jest nam poinformować, że kwartalnik „Technologia i Automatykacja Montażu” został beneficjentem pierwszego konkursu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Wsparcie dla czasopism naukowych”.

Celem tego programu jest wsparcie wydawców polskich czasopism naukowych nieujętych w międzynarodowych bazach czasopism naukowych o największym zasięgu, lecz publikujących artykuły naukowe o wysokim poziomie naukowym. Wsparcie to ma być przeznaczone na podniesienie poziomu praktyk wydawniczych i edytorskich umożliwiających wejście tych czasopism do międzynarodowego obiegu naukowego. Artykuły naukowe publikowane w tych czasopismach będą uwzględniane przy ewaluacji działalności naukowej. Czasopisma objęte pomocą w ramach programu zostaną również umieszczone w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

Uzyskanie wsparcia w tym programie oznacza wprowadzenie pewnych zmian w czasopiśmie „TiAM”, które zmierzają nie tylko do podniesienia jego jakości wydawniczej i edytorskiej, ale także do zwiększenia obecności czasopisma i prezentowanych w nim artykułu w międzynarodowym obiegu naukowym. W tym celu redakcja podejmuje działania, których końcowym efektem powinno być wprowadzenie kwartalnika „TiAM” do międzynarodowych baz, takich jak Scopus czy Web of Science.

Stopniowo będziemy zwiększać udział języków kongresowych (głównie języka angielskiego) w publikowanych artykułach, tak aby były one dominujące w czasopiśmie. Zostaną również wprowadzone numery DOI dla każdego artykułu naukowego.

Artykuły będą udostępniane w otwartym dostępie na Portalu Informacji Technicznej Wydawnictwa SIGMA-NOT (www.sigma-not.pl) oraz na nowo zaprojektowanej stronie internetowej kwartalnika.

W trakcie trwania programu planowane jest wdrożenie elektronicznego systemu zarządzania pracami edytorskimi i wydawniczymi, co powinno usprawnić zgłaszanie artykułów do publikacji, ich recenzowanie, a także wpłynąć pozytywnie na przejrzystość i profesjonalizm całego procesu wydawniczego.

Zostanie też wdrożone oprogramowanie antyplagiatowe jako element podnoszenia jakości wydawniczej czasopisma.

Osiągnięcie ambitnego celu, jakim jest umiędzynarodowienie lokalnego dotąd periodyku, będzie wymagało wysiłku związanego z upowszechnieniem informacji o czasopiśmie i poszerzeniem kręgu zarówno autorów, jak i czytelników. Jest to zadanie przede wszystkim dla redakcji i wydawcy, ale współdziałanie dotychczasowych autorów, czytelników i wszystkich osób związanych z kwartalnikiem „Technologia i Automatykacja Montażu” z pewnością wpłynie pozytywnie na realizację tego celu.



Zapraszamy Autorów do współpracy!

www.sigma-not.pl

tiam@sigma-not.pl



EFFECT OF SIMULTANEOUS AND SEQUENTIAL USE OF KEYS ON THE CORRECTNESS OF ENTERING COMMAND STRINGS INTO DEVICES

Analiza wpływu równoległego i sekwencyjnego wykorzystania przycisków na poprawność wprowadzania ciągów poleceń do urządzeń

Radosław PUKA, Piotr ŁEBKOWSKI

Abstract: Controlling the operation of many devices (e.g. machine tools or assembly lines) requires that proper communication is ensured between man and the machine for the purpose of entering appropriate instructions that will control the machine operation. To this end, control panels, among other things, are used to enable the operator to control the device. Such panel may have many various forms; very often they are computer keyboards. The problem of correct entering appropriate instructions at the right moment by the operator certainly has an impact on the quality of the final product. Should the operator make a mistake, the product will not meet the desired requirements. It becomes necessary to design keyboards used as control panels in which the arrangement of characters would facilitate correct entering of instructions. One of the main issues is to define the most effective way, simultaneous or sequential, of using key while entering instructions from the control panel. The study presented in the paper describes the effect of using a combination of keys (i.e. simultaneous use of more than one key in order to enter a signal) in controlling a machine on the correctness of the signals being entered. The results presented were compared with using only the sequential pressing of keys. The study presented in the paper was conducted using a computer keyboard.

Streszczenie: Sterowanie działaniem wielu urządzeń (np. obrabiarek, zespołów montażowych) wymaga zapewnienia komunikacji człowieka z maszyną, w celu wprowadzenia do urządzenia odpowiednich instrukcji, które sterować będą działaniem maszyny. W tym celu wykorzystywane są m.in. panele sterownicze, poprzez które operator ma możliwość sterowania urządzeniem. Panele te mogą przyjmować najróżniejsze formy, bardzo często są to klawiatury komputerowe. Problem poprawnego wprowadzania przez operatora odpowiednich instrukcji w odpowiednim momencie ma niewątpliwie wpływ na jakość wytworzonego produktu końcowego. W przypadku popełnienia przez operatora błędu produkt nie będzie spełniać żądanych wymagań. Konieczne staje się projektowanie klawiatur – paneli sterowniczych, w których rozmieszczenie znaków ułatwiałoby prawidłowe wprowadzanie instrukcji. Jednym z głównych zagadnień jest określenie najefektywniejszego sposobu – równoległego lub sekwencyjnego – wykorzystywania przycisków przy wprowadzaniu poleceń z panelu sterującego. Zaprezentowane w artykule badania przedstawiają wpływ wykorzystania w sterowaniu maszyną kombinacji klawiszy (jednoczesnym użyciu więcej niż jednego klawisza w celu wprowadzenia danego sygnału) na poprawność wprowadzanych sygnałów. Przedstawione wyniki zostały porównane z rezultatami przy wykorzystaniu jedynie sekwencyjnego wykorzystania klawiszy. Prezentowane w artykule badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem klawiatury komputerowej.

Introduction

The problem of correct entering control signals into machines is present in all activities during which a person interacts with a machine. Due to the continually increasing level of automation and robotisation [2] of, inter alia, manufacturing operations, this problem seems topical and, taking into consideration the efforts made by companies to ensure a high quality of their products [3, 4], it can also be perceived as essential. In this paper, the authors focused on an analysis of the effect of one of the many factors that may affect the correctness of the signals being entered, i.e. on the effect of entering signals by simultaneous and sequential pressing of keys.

The problem concerned occurs, inter alia, in the case of control panels on which it was impossible, e.g. due to the limited space, to place a separate key for each signal that can be entered. For this reason, some of the signals can be generated by pressing a number

of keys in the right sequence or by pressing at least two keys at the same time. The analysis of the effect of the particular solution (sequential and simultaneous pressing of keys in order to generate a signal) on the correctness of the signals being entered is the key element of the considerations further on in the paper.

This study does not concern situations in which simultaneous pressing of more than one button in order to generate a signal is required e.g. for safety reasons. Such safety measures are used in order to protect the person operating the machine e.g. by forcing them to press buttons with both hand so that neither hand is exposed to risk of injury as a result of the machine operation.

The data necessary for conducting the analysis of the problem were collected by the authors through an empirical study the conclusions from which (as well as a detailed description of the study) have been presented further below.

Description of the study

The purpose of the empirical study was to collect empirical data concerning the correctness of entering predetermined sequences of characters. In the tests, PC computers were used, equipped with keyboards compliant with ISO/IEC 9995-2 [ISO/IEC 9995-2:2009]. The authors decided to collect data based on entering characters using a computer keyboard for among others the following reasons:

- computer keyboards (or their versions modified to suit a particular device) are used to control different machines (e.g. CNC machine tools) and their application can be extended to include many other types of devices;
- collecting a sufficient amount of representative data to conduct reliable analyses;
- conducting the study using keyboards will make it possible to collect data from a large number of users who work with a keyboard on a daily basis and therefore the aspect of unfamiliarity with the key arrangement (machine control interface) is negligible.

Data for further analyses were collected by conducting an experiment which was divided into two parts:

- 1) A survey.
- 2) A test in which users had to type in a specially selected text.

The first part of the experiment was a survey. During the survey, basic information about the study participants was collected, such as age, gender and field of study. In the second part of the experiment participants were given four texts which they then had to copy. During this part of the study the data that were collected concerned the signal sequences entered by each user (by pressing a key or a combination of keys) as well as the exact time taken to generate each signal.

The second part of the study was divided into four sections each of which contained a different text to be copied. In the literature there are many different approaches to the issue of selecting contents in this type of studies. In papers [1] and [6] the contents of the experiment were all possible two-letter combinations. The study [5] used extracts from the books describing Alice's Adventures in Wonderland. In studies [Karat et al. 1999] one of the passages used was from a book on the Wild West. The content of the study [Norman, Fischer, 1992] was an article from a magazine while in [Lee, Zhai, 2004] the authors created a base containing two hundred twelve-word sentences from newspapers.

In order to conduct the study, the authors decided to develop their own method of creating the study text. The part of the study in question was divided into four parts; each of the elements contained one section of texts. Texts comprising each section were selected according to the following criteria:

- section one comprised extracts from Pan Tadeusz [Sir Thaddeus] by Adam Mickiewicz and The Lord of the Rings by John Ronald Reuel Tolkien;
- section two was compiled in a way that forced alternate typing based on the assignment of each key to a particular finger [8];
- in section three, the change of hand used for typing takes place exactly every two keystrokes;
- the last section, unlike the other ones, contains also digits in addition to text content.

All the sections were divided into separate sequences (the next section began at the next character relative the character finishing the previous sequence) with a length of two to five keystrokes.

The test was performed on a sample of 365 participants. All apart from four participants were full-time first-cycle students at the Faculty of Management of the AGH University of Science and Technology in Krakow. The most numerous group among the participants were students of Information Technology and Econometrics who were 183. There were slightly fewer (175) students of Management. The breakdown of the participants according to gender shows almost equal shares of women and men in the study, with a slight prevalence of men (195 to 170). Figure 1 presents breakdown of users with regard to the declared number of fingers used in typing (apart from the thumbs). By far the most numerous were the participants who used all fingers (8) for typing or six fingers.

Due to small numbers of participants in some of the intervals the authors decided to divide the study

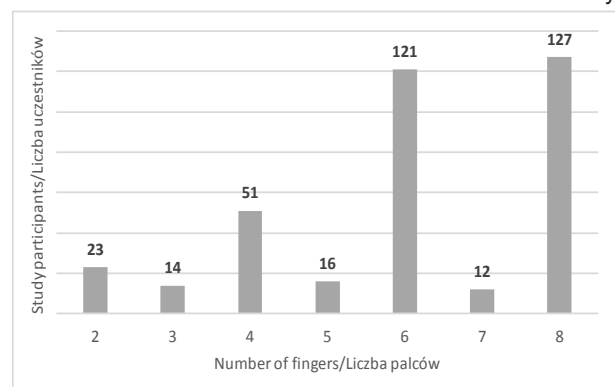


Fig. 1. Breakdown of study participants by the number of fingers used for typing.

Source: own study

Rys. 1. Podział uczestników badania ze względu na liczbę palców wykorzystywanych do pisania.

Źródło: Opracowanie własne

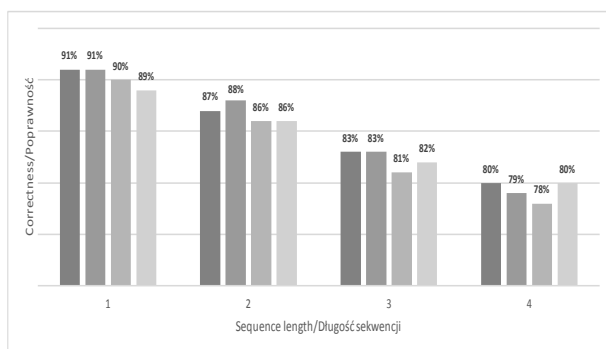


Fig. 2. Average level of correctness depending on the sequence length.

Source: own study

Rys. 2. Podział uczestników badania ze względu na liczbę palców wykorzystywanych do pisania.

Źródło: Opracowanie własne

participants into 3 groups with regard to the number of fingers used for typing:

- 1) People who type with two, three or four fingers (hereinafter group 2-4).
- 2) People who type with five or six fingers (hereinafter group 5-6).
- 3) People who type with seven or eight fingers (hereinafter group 7-8).

The analysis of the results obtained based on the test described above is the next part of this paper.

Analysis of results

The results obtained based on the experiment described in the previous part of the paper were analysed in terms of the effect of the section of the experiment, the number of fingers used and the length of the sequence on the correctness of entering the sequence. For the purpose of the study, a correctly entered sequence should be understood as the occurrence of an error-free n-element sequence (n subsequent elements of the sequence must be identical with the characters making up the n-element sequence) in the sequence of characters entered by the user. The correctness rate for a single participant denotes the quotient of the number of correctly entered sequences and the total number of sequences (with a matching length) in a particular section. Sequences with lengths of two to five characters were analysed in the study. Figure 2 presents the average levels of correctness for each section (1-4) depending on the length of the sequence (2-5).

Based on the chart shown it can be concluded that along with the increase in the length of the sequence the rate of correctness of entering the sequence decreases. This correlation seems intuitive and is corroborated in the data presented.

Due to the differences in the rate of correctness between the sections, further analyses will take account of the breakdown of the data into the individual sections.

Table 1 presents the correctness rate for different lengths of sequences taking into account the section of the study and the number of fingers used by the participants for typing in the characters. Based on the data contained it can be concluded that sequences are most accurately (with the highest correctness rate) entered by participants using five or six fingers for typing. The level of correctness for participants typing with all (or almost all) fingers begins to clearly depart from the results of the aforementioned group together with the increase in the length of the sequence. Attention should, however, be paid here to the other part of the table containing the average time taken to enter a single signal (calculated as the time taken to enter a sequence divided by the length of the sequence). The average times in the group of participants using the largest number of fingers are significantly lower than in the other groups. Based on this it can be concluded that an increase in the speed of typing increases the probability of making an error in the process (which conclusion also confirms the intuitive expectations).

The average time taken to enter one character for a particular number of fingers is comparable for the sequence with a length of three to five characters.

In order to compare the results for simultaneous and sequential entering of signals, the following interpretations were assumed for each of the types of entering signals:

- signals entered simultaneously in the study will be understood as entering an accented character (requiring simultaneous pressing of the AltGr key and the key for a particular character), upper-case letters (which require pressing the Shift key in combination with a particular character) as well as characters the must be entered using the Shift key;
- sequential signals will be understood as entering any two letters of characters that will be treated as one signal for the purpose of this study.

These interpretations serve to determine the attribute the number of signals. In this study the authors limited the number of signals entered simultaneously or sequentially that will belong to the mentioned sequences of characters to exactly one. Therefore, the number of signals will mean:

- for simultaneous signals – the length of the sequence containing exactly one character that requires simultaneous pressing of the AltGr or Shift key (but not both of them at the same time) and another key for the particular character;

Section no	Number of fingers												Correctness
	2-4	5-6	7-8	2-4	5-6	7-8	2-4	5-6	7-8	2-4	5-6	7-8	
1	91%	92%	91%	88%	88%	87%	83%	84%	82%	80%	80%	79%	Average time of typing one number
2	91%	92%	91%	88%	88%	87%	84%	84%	82%	80%	80%	77%	
3	91%	91%	88%	86%	88%	83%	82%	83%	79%	79%	80%	75%	
4	86%	91%	89%	84%	88%	85%	81%	85%	81%	78%	82%	78%	
1	318	302	270	323	308	271	322	309	270	322	310	270	Average time of typing one number
2	468	435	391	473	444	398	478	452	399	477	452	40	
3	442	394	354	449	399	358	453	401	360	451	401	358	
4	525	480	459	534	490	471	542	497	474	543	498	474	
	2			3			4			5			
	Sequence length												

Table 1. Correctness and average time of typing depending on the number of fingers used for typing, text selection, text section and the length of sequence

Tabela 1. Zestawienie poprawności i średniego czasu pisania w zależności od liczby wykorzystywanych do pisania palców, sekcji tekstu badania oraz długości sekwencji

Section no	Number of fingers										Sequential
	2-4	5-6	7-8	2-4	5-6	7-8	2-4	5-6	7-8		
1	91%	92%	90%	87%	87%	85%	85%	85%	83%	Sequential	
2	90%	90%	89%	87%	88%	85%	84%	84%	80%		
3	88%	90%	86%	84%	86%	82%	81%	83%	79%		
4	86%	90%	88%	82%	86%	83%	80%	84%	80%		
1	86%	87%	86%	79%	79%	78%	78%	78%	78%	Simultaneous	
2	89%	90%	89%	86%	86%	84%	82%	82%	80%		
3	88%	88%	84%	84%	85%	80%	81%	81%	77%		
4	82%	87%	83%	77%	82%	77%	78%	83%	78%		
	2			3			4				
	Number of signals										

Table 2 presents average levels of correctness depending on the section number and the number of signals.

Table 2. Correctness of entering sequences of signals where one of the signals in the sequence requires two sequential or simultaneous keystrokes

Source: own study

- for sequential signals – the length of the sequence less one (two characters in the sequence will generate one signal).

correctness vary between 2.5 and 4 percentage points in favour of the sequential entering of characters.

For all the cases shown in Table 2, sequential entering gives results not worse than for simultaneous entering. On this basis it can be stated that if there is no possibility to have separate buttons for each control signal on the machine control panel, it is more advantageous to generate signals sequentially than simultaneously.

Summary

The authors undertook to investigate the effect of the simultaneous and sequential entering of signals on the correctness of the sequence of signals being entered. For this purpose, an experiment was designed which enabled collecting necessary data in order to conduct analyses relevant to the participant matter. It should be remarked that the problem considered by the authors only concerns such devices for which it is necessary to enter selected signals by using simultaneous or sequential pressing of keys.

Figure 3 presents a chart of the correctness rate for a given number of signals taking into account the number of fingers used for typing.

The chart demonstrates that entering signals by forcing simultaneous use of more than one key gives significantly worse results than entering signals using a sequence of keys. The differences in the level of

The analysis demonstrated that it is more advantageous to used rather sequential than simultaneous entering of signals. These results were obtained for each

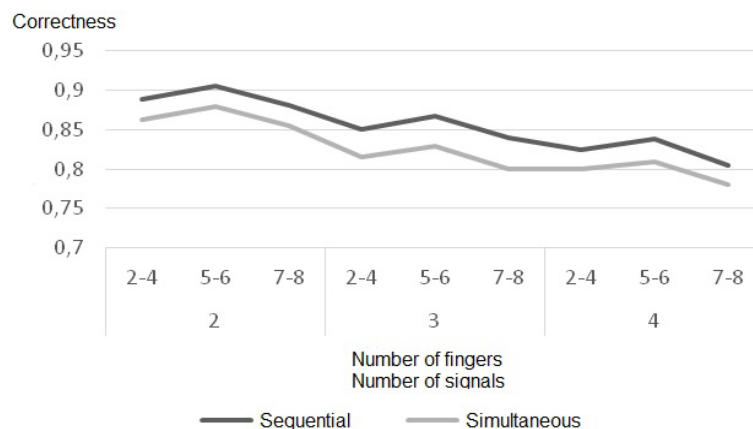


Fig. 3. Average level of correctness for different lengths of sequences of signals, for one of the signals entered sequentially and simultaneously

Source: own study

Rys. 3. Średni poziom poprawności dla różnej długości sekwencji sygnałów, dla jednego z sygnałów wprowadzanego sekwencyjnie oraz równoległe.

Źródło: Opracowanie własne

of the analysed lengths of sequences and regardless of the number of fingers used for typing.

In further studies the authors intend to design a keyboard that will meet the stipulated requirements. For this purpose, the authors will take advantage of the 'dead key' functionality to enable modification of the signal generated by the key pressed immediately after a dead key. This solution will allow to reduce the number of signals that must be generated by simultaneous pressing of at least two keys.

This study was conducted under a research project funded by a statutory grant of the AGH University of Science and Technology in Krakow for maintaining research potential.

REFERENCES

- [1] Dasgupta T. et. al. 2010. "Design and evaluation of Bangla keyboard layouts". IEEE, Students' Technology Symposium (TechSym), p. 248-254.
- [2] Łapiński K., M. Peterlik, B. Wyżnikiewicz. 2015. „Wpływ robotyzacji na konkurencyjność polskich przedsiębiorstw”. Raport IBnGR, II edycja: Warszawa.
- [3] Fonseca L.M. 2015. "From Quality Gurus and TQM to ISO 9001: 2015: a review of several quality paths". International Journal for Quality Research 9(1): 167-180.
- [4] Fonseca L.M. 2015. "From Quality Gurus and TQM to ISO 9001: 2015: a review of several quality paths." International Journal for Quality Research 9(1): 167-180.
- [5] Hiraga Y., Y. Ono. 1980. "An analysis of the standard English keyboard". Association for Computational Linguistics, Proceedings of the 8th conference on Computational linguistics, p. 242-248.
- [6] Hughes D., J. Warren, O. Buyukkokten. 2002. "Empirical bi-action tables: A tool for the evaluation and optimization of text-input systems". Application I: Stylus keyboards. Human-Computer Interaction, 17 (2-3): 271-309.
- [7] ISO/IEC 9995-2:2009. Information technology - Keyboard layouts for text and office systems - Part 2: Alphanumeric section.
- [8] Jastrzębski R., K. Nahlik. 2014. „Mistrz Klawiatury II”. Nahlik Soft. Źródło: <http://www.nahliksoft.com.pl/phtml/p-mk2.html>
- [9] Karat C.M. et. al. 1999. "Patterns of entry and correction in large vocabulary continuous speech recognition systems". ACM, Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, p. 568-575.
- [10] Lee P., S. Zhai. 2004. "Top-down learning strategies: can they facilitate stylus keyboard learning?". International Journal of human-computer studies, 60(5-6): 585-598.
- [11] Norman D.A., D. Fisher. 1982. "Why alphabetic keyboards are not easy to use: Keyboard layout doesn't much matter". Human Factors, 24(5): 509-519.

Radosław Puka, Faculty of Management, AGH University of Science and Technology, ul. A. Gramatyka 10, 30-067 Kraków, e-mail: rpuka@zarz.agh.edu.pl

Piotr Łebkowski, Faculty of Management, AGH University of Science and Technology, ul. A. Gramatyka 10, 30-067 Kraków

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКОВ ПРЕДМЕТОВ ПРОИЗВОДСТВА В СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ocena charakterystyk strumieni wytwarzanych przedmiotów w technologicznych systemach montażowych

Evaluation of the characteristics of production flows in assembly process systems

Mark KRISTAL, Tatiana GETMANTSEVA, Alexey SHIROKIY

Марк КРИСТАЛЬ, Татьяна ГЕТМАНЦЕВА, Алексей ШИРОКИЙ

Аннотация. С помощью методов компьютерного моделирования выполнена оценка величин интенсивностей и коэффициентов последствия потоков предметов производства, поступающих на вход автоматического сборочного оборудования в зависимости от степени надежности функционирования этого оборудования. Установлено, что с уменьшением коэффициента готовности оборудования производительность процесса падает, а степень последствия меняется нелинейно. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании межоперационных накопителей деталей, обеспечивающих бесперебойное снабжение сборочных рабочих позиций.

Abstract: With the help of computer simulation methods, an assessment was made of the magnitudes of the intensities and coefficients of the aftereffect of the flows of objects of production arriving at the input of the automatic assembly equipment, depending on the degree of reliability of functioning of this equipment. It was found that with a decrease in equipment availability, the process performance decreases, and the degree of aftereffect varies nonlinearly. The dependencies obtained can be used in the design of in-process storage of parts that ensure uninterrupted supply of assembly work items.

Streszczenie: Za pomocą metod komputerowego modelowania dokonano oceny wpływu intensywności i współczynników skutków strumieni przedmiotów produkcji dostarczanych do automatycznego urządzenia montażowego w zależności od stopnia niezawodności funkcjonowania tego urządzenia. Ustalono, że wraz ze zmniejszeniem współczynnika gotowości urządzenia wydajność procesu obniża się, a stopień skutków zmienia się nieliniowo. Otrzymane zależności mogą być wykorzystane przy projektowaniu między operacyjnych buforów części, zapewniających nieprzerwane zaopatrywanie roboczych pozycji montażowych.

ВВЕДЕНИЕ

В технологических автоматических сборочных системах образуются различные материальные потоки предметов производства, поступающие в разнообразные единицы технологического оборудования и выходящие из них. При этом, в зависимости от степени надежности выполнения сборочных операций, включающей, как вероятность выполнения самой сборочной операции, так и эксплуатационной надежности оборудования, наступают отказы, время ликвидации которых приводит к потерям производительности сборочного процесса. Для компенсации этих потерь используют в несинхронных системах межоперационные накопители предметов производства (деталей, или сборочных единиц). Известен [1] метод расчета объема такого накопителя, обеспечивающего бесперебойное снабжение комплектующими

детальными единицу сборочного оборудования. Этот расчет основан на доказанном утверждении о том, что входящий в накопитель и выходящий из него материальные потоки являются потоками Эрланга [2, 3, 4] с параметрами $\lambda_{\text{исх}}$, $k_{\text{исх}}$ и $\lambda_{\text{эКВ}}$, $k_{\text{эКВ}}$. Здесь, соответственно, $\lambda_{\text{исх}}$, $\lambda_{\text{эКВ}}$ и $k_{\text{исх}}$, $k_{\text{эКВ}}$ - интенсивности и коэффициенты степени последствия входного и выходного потока деталей накопителя. Следует отметить, что в силу наличия отказов оборудования установленного после накопителя деталей, поступающий в это оборудование поток деталей отличается от идеального. Поэтому, на стадии проектирования технологической системы целесообразно знать его характеристики. На наш взгляд эти характеристики можно оценить исходя из значений коэффициента k_r готовности соответствующего оборудования. Наиболее целесообразно выполнить это, используя компьютерное моделирование [5, 6, 7].

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Исходя из величины коэффициента $k_r = \frac{\bar{t}_p}{t_M} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p + \bar{t}_B}$

готовности оборудования, где \bar{t}_p - среднее время безотказной работы; \bar{t}_B - среднее время восстановления оборудования после отказов; t_M - период времени моделирования процесса. Из этих величин находят параметр $\lambda_p = \frac{1}{k_r t_M}$

- показательного распределения времени безотказной работы и параметр $\lambda_B = \frac{1}{(1 - k_r) t_M}$

- показательного распределения времени восстановления оборудования при отказе.

- Принимаем за параметры идеального (исходного) потока собранных изделий, который мог бы быть выходным для конкретного оборудования при отсутствии его отказов, соответственно, $\lambda_{исх}$, $k_{исх}$ - интенсивность и коэффициент степени последствия.
- Используя методы статистического моделирования, формируем массивы случайных периодов безотказной работы оборудования и периоды его восстановления после отказа, а также массив случайных величин времени t_j выполнения технологической операции, имеющих Гамма-распределение с параметрами $\lambda_{исх}$, $k_{исх}$.
- Формируется массив изменённых интервалов времени t'_j выполнения технологической операции по схеме (рис.1)

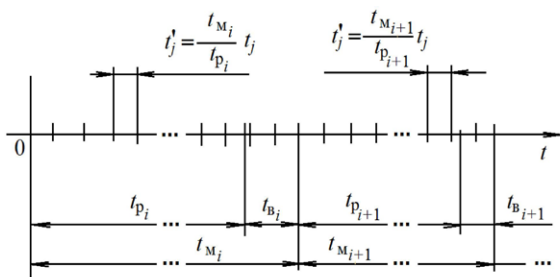


Рис.1 Схема формирования вариационного ряда изменённых интервалов времени t'_j

Здесь $t_{Mi} = t_{pi} + t_{Bi}$; $t_{Mi+1} = t_{pi+1} + t_{Bi+1}$ и т.д. - частные случайные значения времени безотказной работы и времени восстановления, последовательно получаемые из массивов t_i^p и t_i^B .

- Полученный вариационный ряд значений t'_j статистически обрабатывается с получением гистограмм. В результате обработки и проверки гипотезы о том, что полученное распределение

также подчиняется Гамма-распределению, вычисляем значения мат. ожидания $M(t) = \frac{1}{\lambda_{ЭКВ}}$; и дисперсии $D(t) = \frac{1}{k_{ЭКВ} \lambda_{ЭКВ}^2}$.

Отсюда получаем, соответственно, параметры $\lambda_{ЭКВ} = \frac{1}{M(t)}$; $k_{ЭКВ} = \frac{[M(t)]^2}{D(t)}$, где $\lambda_{ЭКВ}$, $k_{ЭКВ}$ - соответственно, интенсивность и коэффициент степени последствия фактического потока, полученного в результате моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В соответствии с разработанной методикой [5] имитационного моделирования методом статистических испытаний и использованием приведенного выше алгоритма исследовано влияние параметров потоков отказов оборудования и его восстановлений на характеристики потока предметов производства.

На рис. 2 и рис. 3 представлены результаты моделирования влияния коэффициентов готовности k_r оборудования на параметры эквивалентного потока — интенсивность $\lambda_{ЭКВ}$ и степень последствия $k_{ЭКВ}$.

Интенсивность $\lambda_{ЭКВ}$ потока деталей после приведения отказов оборудования может быть найдена по выражению (рис. 2):

$$\lambda_{ЭКВ} = k_r \lambda_{исх} \quad (1)$$

А величина степени последствия $k_{ЭКВ}$ в потоке — по выражению:

$$k_{ЭКВ} = a (1 - \exp(-b k_{исх})), \quad (2)$$

где $a = 0,0135 \exp(9,13292k_r)$; $b = 382,47 \exp(-10,75k_r)$.

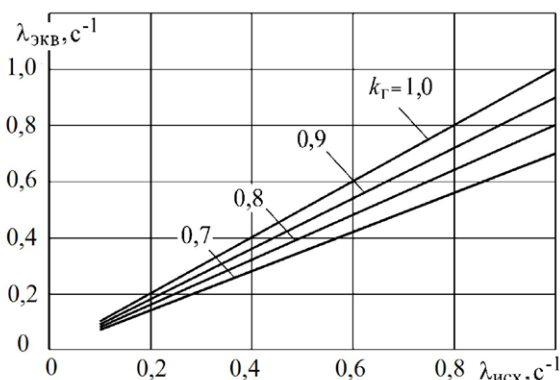


Рис. 2. Влияние различных значений коэффициента готовности k_r оборудования на интенсивность $\lambda_{ЭКВ}$ эквивалентного потока предметов производства.

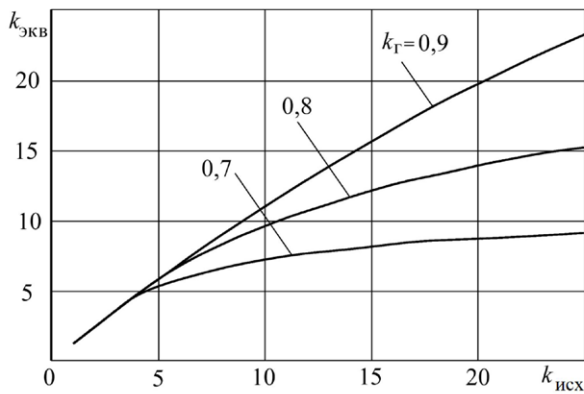


Рис. 3. Влияние величины коэффициента k_r готовности оборудования на степень последствия $k_{экв}$ в эквивалентном потоке.

ВЫВОДЫ

1. На основании эквивалентной схемы работы оборудования, учитывающей приведение простоев оборудования к каждому интервалу между деталями в выходном потоке, выполнено имитационное моделирование влияния отказов оборудования на параметры выходного потока деталей на основе аналитической модели распределения случайных величин, подчиняющихся гамма-распределению.
2. Статистическое моделирование объема накопления деталей, обеспечивающего бесперебойность снабжения ими сборочных позиций, показало, что на вид характеристики $\lambda_{экв} = f(\lambda_{исх}, k_r)$ не оказывает влияние величина $k_{исх}$ степени последствия исходного потока деталей, а на вид характеристики $k_{экв} = f(k_{исх})$ — величина интенсивности $\lambda_{исх}$ потока деталей.
3. Установлено, что при $k_r \geq 0,7$ гамма-распределение с параметрами $\lambda_{экв}$ и может служить адекватной моделью случайных интервалов времени t'_j . При этом интервал $k_r \geq 0,7$ достаточно широк и включает такие значения коэффициента готовности k_r , которые имеют место для реально действующего оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кристаль М.Г., Широкий А.В., Чувиллин И.А. Новый подход в определении объема накопителя деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2007. - № 12. - С. 6-9.
2. Kristal M. Nowa postac rozkladow w zadaniach zwiekszania niezawodnosci automatow montazowych = Распределение Кристалля в задачах повышения надёжности сборочных автоматов / М.Г. Кристаль // Mechanika (Poland). - 2010. - Z. 79 "Polaczenia montazowe", Nr. 273. - С. 93-99.

3. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Влияние структурной компоновки блоков технологической системы на производительность и надёжность их функционирования // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2015. - № 6. - С. 10-15.
4. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Надёжность и производительность технологической системы для различных структур её исполнения / // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2015. - № 4. - С. 70-74.
5. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Статистическое моделирование надёжности различных структур технологических систем // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2015. - № 8. - С. 21-25.
6. Широкий А.В., М.Г. Кристаль Компьютерное моделирование потоков предметов производства в автоматических сборочных системах // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2014. - № 10. - С. 35-39.
7. Широкий А.В., М.Г. Кристаль Модели распределения случайных интервалов времени между предметами производства в транспортных потоках сборочного оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2014. - № 9. - С. 28-32.

Кристаль Марк Григорьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов» Волгоградского государственного технического университета, 400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, тел. +79093899432, e-mail: crysmar@mail.ru, паспорт 73 2059297

Гетманцева Татьяна Алексеевна – студентка 4 курса Волгоградского государственного технического университета, 400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, тел. +7 927 554 4320, e-mail: getmantseva2012@yandex.ru, паспорт 73 3353834

Широкий Алексей Владимирович – канд. техн. наук, начальник отдела силового оборудования связи и автоматики БКП№ 4 АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ» 400001, Волгоград, ул. Рабоче-Крестьянская, 16, тел. +7 9178374338, e-mail: shiroky_alex@mail.ru

**TECHNOLOGIA
I AUTOMATYZACJA
MONTAŻU**

ZESPOŁOW • MASZYN • URZĄDZEN

www.tiam.pl

tiam@sigma-not.pl

tel. 22 853 81 13

KONSTRUKCYJNO-TECHNOLOGICZNE ASPEKTY STOSOWANIA UCHWYTÓW MODUŁOWYCH I SPECJALNYCH W OPERACJACH OBRÓBKOWYCH

Design and technological aspects of application of modular and special fixtures in machining operations

Adam BARYLSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono konstrukcję zaprojektowanych uchwytów modułowych i specjalnych. Wyznaczono, wariantowo, koszty uchwytów dla tych samych typów obrabianych elementów. Zastosowana analiza może być między innymi wykorzystana w procesie kształcenia inżynierskiego mechaników technologów.

Słowa kluczowe: uchwyt specjalny, uchwyt modułowy, budowa, analiza

Abstract: In the article presented construction of designed modular and special fixtures. The costs of fixtures for the same types of workpieces were determined, in various variants. This methodology can be used, among others, in the process of education of mechanical engineering technologists.

Keywords: special fixture, modular fixture, construction, analysis

Wprowadzenie

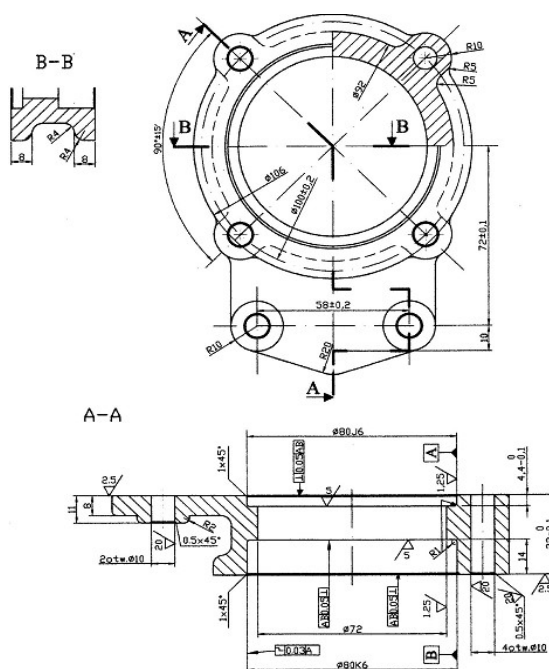
Współcześnie, w różnych gałęziach przemysłu, w wytwarzaniu elementów konstrukcyjnych, stosowane jest często przedmiotowe oprzyrządowanie składane (modułowe), konfigurowane i montowane według określonych potrzeb technologicznych [1, 2, 4]. Wiele specjalistycznych firm proponuje bardzo szeroki zakres elementów modułowych [7 – 10], które pomimo względnie wysokich cen wykorzystywane są w przemyśle niezależnie od wielkości produkcji. Wybór pomiędzy zaprojektowanym oprzyrządowaniem specjalnym do określonej operacji a zakupem wytwarzanych seryjnie elementów składowych uwzględniać powinien między innymi aspekt ekonomiczny. Przy dużej seryjności wyrobów oprzyrządowanie specjalne stosowane jest częściej, szczególnie dla obrabiarek konwencjonalnych. Z uwagi na rosnący udział obrabiarek CNC (centrów obróbkowych, czy tzw. obróbki kompletnej) wykorzystanie oprzyrządowania uniwersalnego i modułowego w przemyśle permanentnie wzrasta [3, 5, 11, 12, 14].

W artykule omówiono przykłady konstrukcji oprzyrządowania przedmiotowego, ze szczególnym uwzględnieniem aspektu ekonomicznego i technologicznego.

Przykład 1

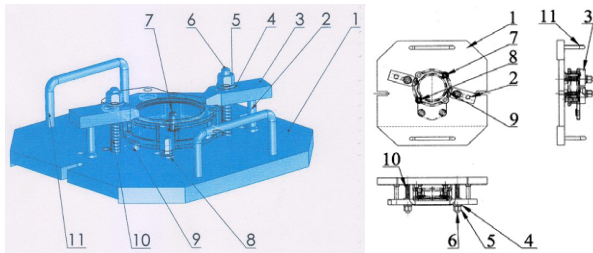
Przedmiot obrabiany (rys. 1) stanowi korpus z żeliwa szarego EN-GJL200, ze wstępnie odlanym otworem głównym (masa ok. 1,3 kg), po wyżarzaniu odprężającym.

Proces technologiczny korpusu obejmuje frezowanie powierzchni czołowych w dwóch zamocowaniach (operacja 10), wykonanie sześciu otworów o średnicy 10 mm (operacja 20) – w tym dwóch rozwierczanych na 10H7 ze względów technologicznych (jako baz do dalszej obróbki, wykorzystywanych przy konstruowaniu oprzyrządowania) oraz wytaczanie otworu środkowego (w operacji 30) [6].



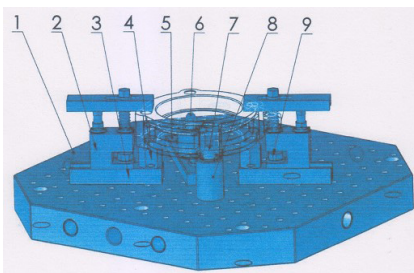
Rys. 1. Przedmiot obrabiany 1
Fig. 1. Workpiece 1

W przypadku operacji 30, konstrukcja uchwytu specjalnego I o masie ok. 14,2 kg (rys. 2) składa się z korpusu (podstawy) 1 oraz elementów ustalających i mocujących obrabiany przedmiot. Trzy kołki 9 służą do podparcia, zaś kołek pełny 7 i ścięty 8 odbierają kolejne trzy stopnie swobody. Do mocowania przedmiotu wykorzystano zespół dwóch łap przesuwnych 3, składających się z kołka oporowego 2, podkładki 4, śruby dwustronnej 6, sprężyny 10 i wysokiej nakrętki z kołnierzem 5. Do transportu uchwytu służą dwa uchwyty 11.



Rys. 2. Uchwyt specjalny I
Fig. 2. Special fixture I

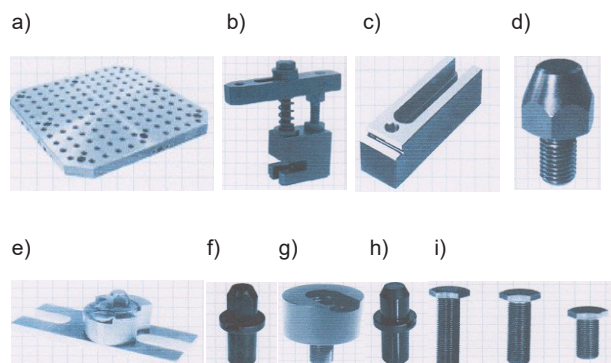
Koszty własne wykonania wszystkich elementów uchwytu specjalnego w narzędziowni firmy wynoszą 943,2 zł i obejmują łącznie koszt materiału i obróbki, odpowiednio: podstawa 1 – 365 zł (frezowanie, szlifowanie), kołek oporowy łapy 2 (2 szt.) – 131,2 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), łapa dociskowa przesuwna 3 (2 szt.) – 94 zł (frezowanie, obróbka cieplna), podkładka okrągła 4 (4 szt.) – 12,8 zł (obróbka skrawaniem), wysoka nakrętka z kołnierzem 5 (2 szt.) – 82 zł (obróbka skrawaniem, obróbka cieplna), śruba dwustronna 6 (2 szt.) – 9,5 zł (obróbka skrawaniem), kołek ustalający pełny 7 – 75,35 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), kołek ustalający ścięty 8 – 95,35 zł (toczenie, frezowanie, szlifowanie, obróbka cieplna), kołek oporowy 9 (3 szt.) – 47,6 zł (toczenie, szlifowanie, obróbka cieplna), sprężyna 10 (2 szt.) – 25,6 zł i uchwyt 11 (2 szt.) – 5,2 zł. (gięcie). Uwzględniając koszt opracowania dokumentacji (10 godz.) na poziomie 2000 zł oraz montażu (4 godz.) jako 400 zł., otrzymujemy całkowity koszt uchwytu w wysokości 3343,2 zł. Przy 5. letnim okresie amortyzacji oraz przy rocznej serii tysiąca wytwarzanych elementów, udział kosztu uchwytu specjalnego przypadający na jeden obrabiany korpus wynosi 0,66 zł.



Rys. 3. Uchwyt modułowy II
Fig. 3. Modular fixture II

W przypadku wersji uchwytu modułowego (rys. 3), dla tej samej operacji oraz podobnej koncepcji ustalenia i zamocowania przedmiotu, koszt zakupionych elementów składowych wynosi łącznie 10 994 zł.

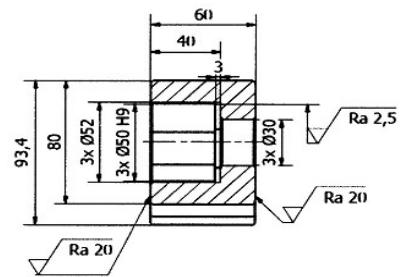
W skład uchwytu modułowego II (o masie ok. 40 kg) wchodzi: płyta bazowa 1 (nr CL-MF25-0800, 9190 zł) – rys. 4a, łapa dociskowa 2 (CL-MF25-2001, 2 szt., 320 zł) – rys. 4b, podstawa łapy 3 (CL-MF-40-3300, 2 szt., 770 zł) – rys. 4c, kołek oporowy wkręcany 4 (CL-MF25-4807, 2 szt., 70 zł) – rys. 4d, przesuwny korpus kołka ustalającego 5 (CL-MF40-4201, 312 zł) – rys. 4e, kołek ustalający ścięty 6 (CL-8-DLT-.3927, 28 zł) – rys. 4f, wkręcany w podstawę korpus kołka ustalającego 8 (CL-MF25-4103, 188 zł) – rys. 4g, kołek ustalający pełny 7 (CL-8-RLT-.3927, 23,80 zł) – rys. 4h oraz śruby łączące 9 o różnej długości (CL-MF25-4313, 4 szt., 22 zł) – rys. 4i. Przy założonym koszcie montażu uchwytu modułowego (200 zł) i opracowania jego konfiguracji (400 zł), koszt łączny uchwytu będzie równy 11594 zł. Przy założeniu identycznego okresu amortyzacji (5 lat) i wielkości produkcji, udział kosztów uchwytu modułowego przypadającego na jeden obrabiany element (seria to 1000 szt.) wyniesie 1,16 zł. Jest on prawie dwukrotnie wyższy niż w przypadku uchwytu specjalnego. Należy jednak uwzględnić, co oczywiste, możliwość wielokrotnego użytkowania zarówno kosztownej podstawy bazowej uchwytu modułowego, jak i pozostałych jego elementów składowych (w innych konfiguracjach konstrukcyjnych), a także koszty magazynowania i konserwacji.



Rys. 4. Elementy uchwytu II
Fig. 4. Parts of modular fixture II

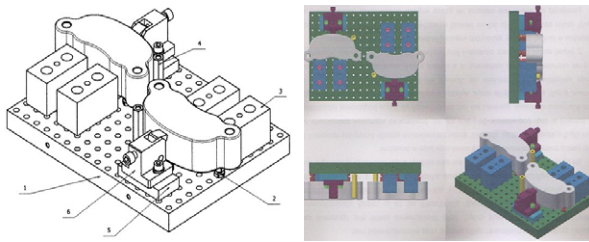
Przykład 2

Przedmiot obrabiany (rys. 5) jest korpusem z żeliwa EN-GJL200. Technologia obróbki obejmuje frezowanie powierzchni czołowych (operacja 10), wykonanie dwóch otworów o średnicy 16H8 (operacja 20), a także trzech otworów o średnicy 30 mm i wytaczanie na 50H9 oraz wykonanie podcięć o szerokości 3 i średnicy 52 mm (operacja 30) [13].

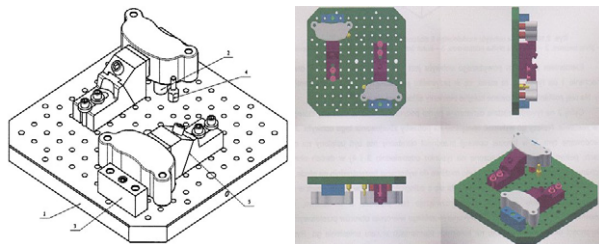


Rys. 5. Przedmiot obrabiany 2
Fig. 5. Workpiece 2

W procesie technologicznym zastosowano uchwyty modułowe dla operacji 10 i 20 (uchwyty o konstrukcji Ax i Ay) i operacji 30 (uchwyty Bx i By). Analizowano konfigurację tych uchwytów, wykorzystując elementy wytwarzane seryjnie, odpowiednio przez firmę X i Y. Na rys. 6 i 7 przedstawiono dwie koncepcje uchwytów dla operacji 10 i 20.



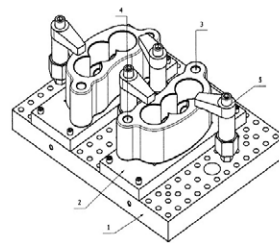
Rys. 6. Uchwyt modułowy Ax
Fig. 6. Modular fixture Ax



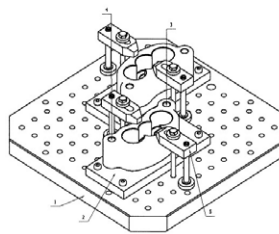
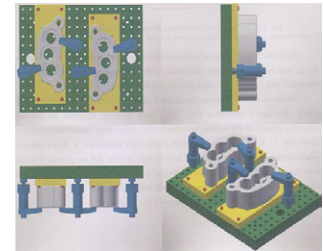
Rys. 7. Uchwyt modułowy Ay
Fig. 7. Modular fixture Ay

W rozwiązaniu Ax (rys. 6) zastosowano otworową płytę bazową 1. Przedmiot obrabiany ustalony jest na trzech regulowanych kołkach 2, opary o dwie belki опорowe 3 i kołek 4 oraz dociśnięty elementem 6. Element mocujący 6 przedmiot osadzony jest na płycie podporowej 5. Takie rozwiązanie uchwytu umożliwia jednoczesne frezowanie dwóch przedmiotów. Wykorzystując elementy modułowe firmy Y zestawiono uchwyt Ay (do tych samych operacji) - rys. 7. Przedmioty obrabiane ustalone są na trzech kołkach podporowych (nieregulowanych) 2 oraz oparte o belkę 3 i kołek 4. Mocowanie obrabianego korpusu odbywa się dociskami bocznymi 5, zamocowanymi do płyty bazowej 1.

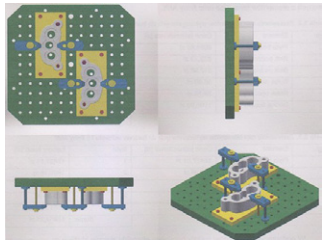
Dla operacji 30 zaprojektowano uchwyty modułowe Bx (rys. 8) i By (rys. 9), wykorzystując również elementy firmy X i Y.



Rys. 8. Uchwyt modułowy Bx
Fig. 8. Modular fixture Bx



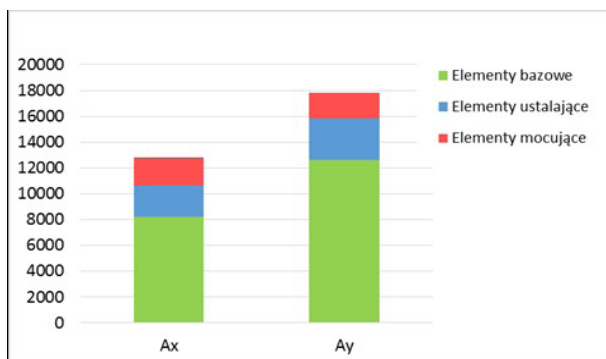
Rys. 9. Uchwyt modułowy By
Fig. 9. Modular fixture By



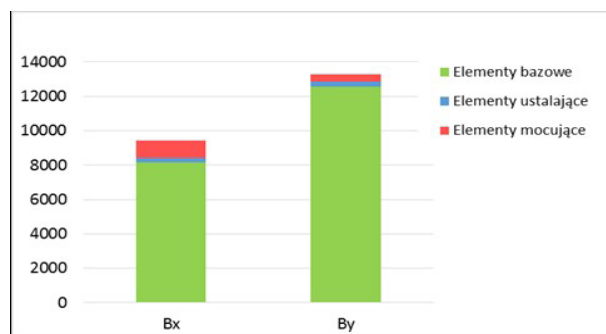
W uchwycie Bx (rys. 8) zastosowano prostokątną płytę bazową (z otworami - jak w uchwycie Ax). Przedmiot obrabiany ustalony jest na kołku ściętym 3 i kołku pełnym 4, umieszczonych w specjalnie zaprojektowanej płycie podporowej 2 z wycięciem (z uwagi na nie pokrywanie się otworów ustalających w obrabianym przedmiocie z otworami w płycie bazowej 1). Umożliwiło to również w tej operacji wiercenie trzech otworów przelotowych o średnicy 30 mm.

W przypadku uchwytu By (rys. 9) zastosowano również otworową płytę bazową 1, dwa znormalizowane kołki ustalające w otworach 3 i 4 (firma Y, wytwarzająca elementy modułowe, nie posiada w ofercie kołków o wymaganej tu średnicy) oraz specjalną płytę podporową 2 z wycięciem na wybieg narzędzi i cztery łapy mocujące 5 (dla dwóch obrabianych przedmiotów).

Na rys. 10 i 11 przedstawiono całkowite koszty zaproponowanych uchwytów modułowych, z wyodrębnieniem elementów mocujących, ustalających i bazowych.



Rys. 10. Koszty uchwytów modułowych Ax i Ay
Fig. 10. Costs of modular fixtures Ax and Ay



Rys. 11. Koszty uchwytów modułowych Bx i By
Fig. 11. Costs of modular fixtures Bx and By

Najdroższym elementem zastosowanych wariantów Ax i Ay jest płyta bazowa, której koszt stanowi ok. 60-70%, zaś docisk boczny 6 – 9%, płyta podporowa 4 – 5%, a w przypadku kołków jest to ok. 1% całkowitego kosztu uchwytu. Uchwyt Ax złożony jest z mniejszej liczby części, lecz z uwagi na wyższy koszt płyty bazowej w rozwiązaniu Ay (o ponad 50% w stosunku do zastosowanej w uchwycie Ax), konstrukcja Ay jest o ok. 40% droższa. Podobne różnice występują w przypadku uchwytów Bx i By, przy mniejszym udziale kosztów elementów mocujących obrabiane przedmioty. Jak wynika z przytoczonej analizy, pomimo podobnej konfiguracji uchwytów modułowych, łączne różnice w kosztach wyniosły ok. 9 tys. zł., co sugeruje zasadność prowadzonych analiz przy wyborze dostawcy elementów modułowych.

Uwagi ogólne

Zestawy, produkowane obecnie przez wyspecjalizowane firmy, elementów modułowych, oprócz płyt i kolumn bazowych – dwu i czterostronnych (rowkowanych lub z równomiernie rozmieszczoną siatką otworów), wchodzi: kołki, podstawy stałe i nastawne, czopy walcowe, płytki pośrednie, przyzmy, elementy ustalające o pochyłonych powierzchniach

roboczych, łapy dociskowe, zamocowania dźwigniowe (dla uchwytów nieobrotowych), tulejki zaciskowe i wiele innych elementów uniwersalnych.

Do głównych zalet uchwytów modułowych należą: szybkość montażu i demontażu, duża trwałość części składowych i, co oczywiste, możliwość ich wielokrotnego użycia, niezależnie od wielkości obrabianej serii przedmiotów. Z uwagi na względnie wysokie koszty takiego oprzyrządowania, jego wykorzystanie powinno uwzględniać możliwie szerokie spektrum wytwarzanych części w firmie, właściwą organizację magazynu oraz warunki przechowywania i konserwacji.

LITERATURA

- [1] Barylski A. 2017. "Analiza konstrukcji uchwytów obróbkowych w aspekcie montażu". *Technologia i Automatykacja Montażu* 4: 37–41.
- [2] Barylski A. 2018. "Analiza porównawcza stosowania przedmiotowych uchwytów modułowych i specjalnych". *Technologia i Automatykacja Montażu* 2: 21–26.
- [3] Bi Z.M., W.J. Zhang. 2001. "Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions". *International Journal of Production Research* 13: 2867–2894.
- [4] Feld M. 2002. "Uchwyty obróbkowe". Warszawa: WNT.
- [5] Gaoliang P., W. Gongdong, L. Wenjian, Y. Haiquan. 2010. "A desktop virtual reality-based interactive modular fixture configuration". *Computer-Aided Design* 42: 432-444.
- [6] Kula P. 2010. „Analiza porównawcza kosztów uchwytów przedmiotowych modułowych i specjalnych”. Prowadz. pracę A. Barylski.
- [7] Materiały informacyjne firmy Kipp Modular FFS.
- [8] Materiały informacyjne firmy AMf.
- [9] Materiały informacyjne firmy Carr Lane.
- [10] Materiały Informacyjne firmy Erwin Halder KG.
- [11] Nelaturi S., A. Rangarajan, Ch. Fritz, T. Kurtoglu. 2014. "Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning". *Computer-Aided Design* 46: 160-169.
- [12] Tanji S., S. Raiker, A.T. Mathew. 2017. "Computer aided fixture design - A case Based approach". 14th ICSET. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263: 1-9.
- [13] Walter M. 2018. „Projekt procesu technologicznego wskazanej części wraz z konstrukcją oprzyrządowania”. Prowadz. pracę A. Barylski.
- [14] Wang N., Z. Wang, R. Mo. 2013. "An intelligent fixture design method based on smart modular fixture unit". *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 69: 2629-2649.

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

GŁOWICA DO NANOSZENIA MIESZANKI ELASTOMEROWEJ NA TAŚMĘ W LINII TECHNOLOGICZNEJ

A head for dispensing an elastomeric mix onto a manufacturing line conveyor

Stanisław KOZIOŁ, Krzysztof MATECKI, Tomasz SAMBORSKI,
Andrzej ZBROWSKI, Grzegorz BĄBA

Streszczenie: W Instytucie Technologii Eksploatacji została zaprojektowana i wykonana prototypowa głowica dozująca elastomery termoplastyczne w specjalnie zaprojektowanej linii technologicznej, wytwarzającej kompozyty tkaninowo-elastomerowe. Głowica umożliwia dozowanie elastomeru na przemieszczający się materiał, wyrównywanie naniesionej warstwy lub tworzenie warstw nieciągłych – przepuszczalnych dla pary wodnej lub powietrza. W urządzeniu zastosowano ogrzewanie dozowanego medium za pomocą olejowego przewodu grzewczego lub elektrycznych elementów grzejnych z regulacją temperatury. Opracowana konstrukcja zapewnia możliwość zmiany kierunku przepływu podłoża w linii technologicznej, precyzyjną regulację grubości warstwy, automatyczną realizację ruchów ustawczych i serwisowych oraz bezpieczną obsługę.

Firma BOCHEMIA, wykorzystując głowicę w zbudowanej w ramach realizowanego projektu linii technologicznej, opracowała innowacyjne rozwiązania w zakresie technologii wytwarzania wielofunkcyjnych kompozytów zawierających innowacyjne materiały wykazujące właściwości absorbujące energię, umożliwiające tłumienie uderzeń oraz właściwości wodoszczelne, grzybobójcze i bakteriobójcze.

Słowa kluczowe: laminowanie, kompozyt tkaninowo elastomerowy, technologia łączenia, absorpcja energii

Abstract: The prototype of a dispensing head of thermoplastic elastomers was designed and constructed at the Institute for Sustainable Technologies for a purpose-built manufacturing line for producing textile-elastomer composite glues. The elastomer dispensing head enables the transfer of the elastomer onto the moving material; it evens out the applied layer or creates discontinuous layers which are permeable for water vapour or air. The device heats the medium being dispensed using an oil heated conduit or electric heating elements with temperature control.

This design is capable of changing the flow direction of the substrate in the manufacturing line, regulating a precise layer thickness, automatically executing setup and maintenance, and safe handling.

Using the dispensing head constructed as part of project developing the manufacturing, the BOCHEMIA company has developed innovative solutions for manufacturing technologies of multifunctional composites of innovative materials which exhibit the following properties: energy absorbing (which provided impact absorption properties), fungicidal, and bactericidal.

Keywords: laminating, textile-elastomer composite, gluing technology, energy absorption

Wprowadzenie

Kompozyty tkaninowo-elastomerowe wytwarzane metodą łączenia kilku warstw materiałów o różnych właściwościach fizycznych mają unikatowe cechy użytkowe wynikające zarówno z właściwości łączonych komponentów, jak i ze sposobu ich połączenia [1, 2, 5]. Coraz częściej są wytwarzane wielofunkcyjne kompozyty zawierające innowacyjne materiały wykazujące między innymi właściwości absorbujące energię, umożliwiające tłumienie uderzeń, właściwości wodoszczelne oraz grzybobójcze i bakteriobójcze [3, 4]. Duże możliwości kształtowania finalnych właściwości spowodowały, że znajdują one zastosowanie w wielu dziedzinach techniki i gałęziach gospodarki, takich jak:

- przemysł meblarski, tapicerstwo i kaletnictwo,
- przemysł obuwniczy (materiały konstrukcyjne, wkładki do butów),
- izolacje dźwiękowe i cieplne oraz wykładziny w budownictwie, wykładziny i maty pochłaniające energię [3] w tym o właściwościach bakteriobójczych i grzybobójczych,

- budownictwo lądowe i wodne (geowłókniny i membrany, wodoszczelne membrany pod asfalt, kompozyty wielowarstwowe do wałów przeciwpowodziowych),
- oddychające i ochronne wyroby sportowe,
- osłony amortyzujące na placach zabaw, w parkach rozrywki, sprzętach w placówkach medycznych i domach opieki, osłony balistyczne,
- przemysł odzieżowy,
- przemysł samochodowy [4],
- urządzenia filtracyjne,
- środki ochrony indywidualnej (rękawice ochronne, elementy osłon głowy i karku).

W zależności od rodzaju materiałów tworzących kompozyt i jego przeznaczenia stosuje się odpowiednie metody łączenia poszczególnych warstw, zapewniające wymaganą wytrzymałość, elastyczność, przepuszczalność powietrza i pary wodnej (o ile są wymagane) oraz opłacalność i ekologiczność produkcji. Technologia umożliwia zazwyczaj łączenia do 5 warstw materiałów różnego typu oraz cięcie ich

na żądaną szerokość. Stosowane są następujące techniki łączenia:

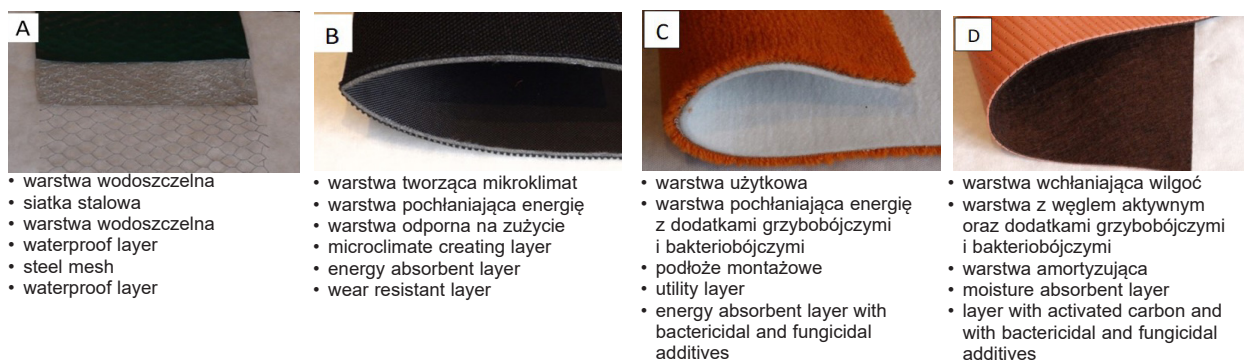
- **Metoda hot-melt** polega na łączeniu materiałów przy użyciu termoplastycznych lub reaktywnych elastomerów, które są roztapiane przed aplikacją, dzięki czemu łączone materiały nie są poddawane działaniu wysokiej temperatury. Naniesienie elastomeru na materiał odbywa się poprzez walce o specjalnej fakturze, a ilość naniesionego elastomeru jest sterowana komputerowo, co pozwala na precyzyjną aplikację. Możliwe jest łączenia ze sobą szerokiej gamy materiałów: folii, membran paroprzepuszczalnych, papierów, tkanin wodoodpornych oraz materiałów o niskiej odporności na temperaturę [6, 7].
- **Klejenie proszkowe** polega na łączeniu materiałów/tekstyliów za pomocą termoplastycznego proszku polimerowego. Naniesiony proszek jest następnie topiony i łączony z drugim materiałem. Metoda jest ekologiczna, a sklejone materiały mają zastosowanie m.in. w przemyśle obuwniczym, samochodowym, tapicerskim i budownictwie. Różnorodność proszków klejowych umożliwia otrzymanie laminatów o zróżnicowanych właściwościach dotyczących elastyczności, przepuszczalności pary, a także niepalnych.
- **Klejenie z wykorzystaniem folii, siatek, membran i włóknin klejowych** polega na wprowadzeniu wstęgi kleju termoplastycznego pomiędzy łączone materiały i zgrzaniu ich w podwyższonej temperaturze. Może być stosowane do powierzchni o dużej chropowatości. Dzięki różnorodnym rodzajom klejów metoda stosowana jest do szerokiej gamy produktów o specjalnych właściwościach. Zastosowanie specjalnych membran klejowych umożliwia wykonywanie laminatów stosowanych w produkcji odzieży „oddychającej”.
- **Metoda płomieniowa** stosowana jest do łączenia materiałów/tekstyliów z pianką poliuretanową lub

polietylenową. Połączenie materiałów odbywa się przez działanie płomieniem na piankę powodując wytopienie kleju łączącego warstwy tekstylne. Materiały otrzymane tą techniką wykorzystywane są w przemyśle samochodowym, meblowym, obuwniczym, tapicerskim i w szutnictwie.

- **Metoda natryskowa** polega na naniesieniu kleju rozpuszczalnikowego lub wodnego ekologicznego przez system dysz zasilanych sprężonym powietrzem.

Techniki łączenia są przedmiotem ciągłego rozwoju wraz z pojawiającymi się nowymi materiałami o niespotykanych dotychczas właściwościach, nowymi klejami i metodami ich aplikacji oraz obszarami zastosowań kompozytów.

W ramach prac badawczo-rozwojowych realizowanych w projekcie „Opracowanie technologii wytwarzania kompozytów tkaninowo-elastomerowych absorbujących energię uderzenia” POIR.01.02. zostały opracowane nowe technologie i urządzenia do wytwarzania innowacyjnych kompozytów. W Instytucie Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu została zaprojektowana i wykonana prototypowa głowica dozująca elastomery termoplastyczne w specjalnie zaprojektowanej linii technologicznej. Głowica umożliwia dozowanie elastomerów na przemieszczającą się wstęgę materiału. Firma Bochemia, wykorzystując głowicę w zbudowanej w projekcie linii technologicznej, opracowała innowacyjne rozwiązania w zakresie technologii wytwarzania wielofunkcyjnych kompozytów zawierających innowacyjne materiały wykazujące właściwości absorbujące energię, umożliwiające tłumienie uderzeń oraz właściwości wodoszczelne, grzybobójcze i bakteriobójcze. Na rys. 1 zamieszczono zdjęcia oraz opis struktury wybranych kompozytów wytwarzanych z wykorzystaniem opracowanych technologii.



Rys. 1. Kompozyty wytwarzane metodą sklejania materiałów o różnej strukturze, gramaturze i grubości:

- A – plandeka zbrojona siatką stalową,
 B – kompozyt na środki ochrony indywidualnej,
 C – wykładzina podłogowa z warstwą pochłaniającą energię,
 D – kompozyt na wkładki do obuwia.

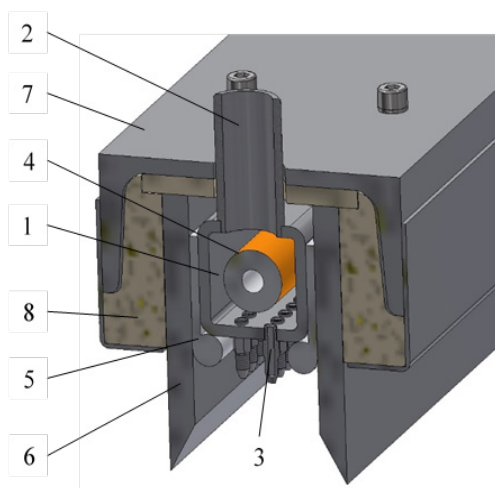
Fig. 1. Composites manufactured by gluing materials with different structures, density, and thicknesses

- A – steel mesh reinforced tarpaulin,
 B – composite for personal protective equipment,
 C – energy absorbent flooring,
 D – insole composite.

Wymienione materiały są przykładem innowacyjnych wyrobów wprowadzonych do oferty przez firmę Bochemia w wyniku wykorzystania rezultatów projektu.

Głowica dozująca

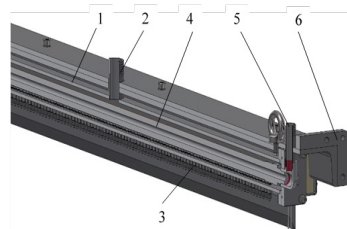
Budowę głowicy dozującej przedstawiono na rys. 2 i 3. Głównym elementem głowicy odpowiedzialnym za równomierne dozowanie elastomeru na całej szerokości ciągu technologicznego, która może osiągać 3,6 m, jest kolektor wyposażony w dysze dozujące (rys. 2 i 3). Kolektor jest wykonany z grubościennego profilu o przekroju kwadratowym, w którego dolnej ścianie umieszczono ponad 700 wymiennych dysz. Do kolektora, przez trzy rozmieszczone równomiernie króćce, jest dostarczany pod ciśnieniem elastomer w postaci płynnej. W przypadku elastomeru termoplastycznego jest on podgrzewany w zbiorniku zewnętrznym i przepompowywany pompą ślimakową z wykorzystaniem ogrzewanych elastycznych rurociągów. Podwyższona temperatura elastomeru w kolektorze jest utrzymywana i regulowana dzięki zastosowaniu elektrycznych elementów grzewczych przylegających do ścian bocznych na całej długości kolektora oraz wewnętrznego olejowego przewodu grzewczego. Wydatek elastomeru dozowanego przez głowicę może być regulowany poprzez zmianę ciśnienia zasilania przez pompę ślimakową, wymianę dysz o różnych średnicach otworu wylotowego lub zmianę temperatury. Grubość warstwy nanoszonej na podłoże może być ponadto regulowana prędkością transportu podłoża.



Rys. 2. Głowica dozująca (przekrój poprzeczny): 1 – kolektor, 2 – króćciec doprowadzający elastomer, 3 – dysza, 4 – olejowy przewód grzewczy, 5 – element grzewczy oporowy, 6 – nóż zgarniający (rakla), 7 – profil nośny, 8 – izolacja termiczna
Fig. 2. The dispensing head (cross-section): 1 – glue collector, 2 – elastomer supplying spigot, 3 – nozzle, 4 – oil heating conduit, 5 – resistor heating element, 6 – scraping knife (squeegee), 7 – support section, 8 – thermal insulation

Do kolektora przylegają dwa noże zgarniające (rakle), które po odpowiedniej regulacji w układzie technologicznym, służą do wyrównywania warstwy elastomeru na powierzchni podłoża. Noże dzięki dużej powierzchni styku z kolektorem i elementami grzewczymi również są ogrzewane do temperatury pozwalającej na skuteczne wyrównywanie warstwy i zabezpieczającej przed wiązaniem elastomeru na ostrzu zgarniającym.

Zespoły ogrzewane głowicy są zamocowane łącznikami śrubowymi do profilu nośnego odpowiedzialnego za utrzymanie stabilnego kształtu liniowego głowicy, a szczególnie prostoliniowości krawędzi noży zgarniających. W celu ograniczenia przepływu ciepła z części ogrzewanej zespołu do konstrukcji nośnej zastosowano między nimi przekładki izolacyjne. Ze względu na znaczną różnicę temperatur pomiędzy częścią ogrzewaną a konstrukcją nośną i zmiany temperatury podczas pracy, w tym w zależności od dozowanego elastomeru, zapewniono możliwość wzajemnego wzdłużnego ruchu noży zgarniających i profilu nośnego w celu zapobiegania przed utratą prostoliniowości wskutek odkształceń termicznych.

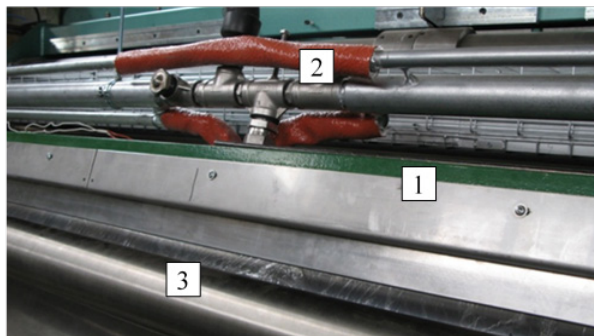


Rys. 3. Głowica dozująca (przekrój wzdłużny): 1 – kolektor elastomeru, 2 – króćciec doprowadzający elastomer, 3 – dysze, 4 – olejowy przewód grzewczy, 5 – króćciec doprowadzający olej grzewczy, 6 – kołnierz profilu nośnego
Fig. 3. The dispensing head (longitudinal-section): 1 – collector, 2 – elastomer supplying spigot, 3 – nozzle, 4 – oil heating conduit, 5 – spigot for eating oil supply, 6 – support section bracket

Profil nośny głowicy na obu końcach został zakończony kołnierzami montażowymi, do których są przykręcone łączniki z łożyskowymi czopami cylindrycznymi umożliwiające kątowe ustawienie głowicy oraz wprawianie jej we wzdłużny ruch oscylacyjny. Szerokość aplikacji elastomeru w ciągu technologicznym jest regulowana przez wyłączenie odpowiedniej ilości dysz z użycia poprzez ich zaślepienie lub demontaż i zaślepienie otworów w kolektorze wkładanymi korkami.

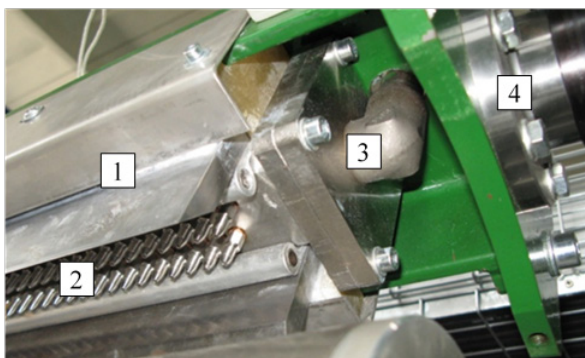
Na rys. 3 przedstawiono wzdłużny przekrój głowicy, na którym widoczny jest, między innymi króćciec doprowadzający elastomer do kolektora. Trzy takie króćce rozmieszczono w górnej części głowicy w odległościach zapewniających równomierne dostarczanie elastomeru i równy rozkład ciśnienia. Widoczny króćciec doprowadzający olej grzewczy znajduje się na końcu głowicy i służy wraz

z analogicznym przyłączem znajdującym się na przeciwległym końcu do przepompowywania gorącego oleju przez całą długość kolektora.



Rys. 4. Głowica dozująca zainstalowana w ciągu technologicznym: 1 – profil nośny, 2 – przyłącza elastomeru i oleju grzewczego, 3 – wał linii technologicznej

Fig. 4. The dispensing head installed in the manufacturing assembly: 1 – support section, 2 – elastomer and heating oil connectors, 3 – manufacturing assembly shaft



Rys. 5. Głowica zainstalowana w ciągu technologicznym: 1 – nóż zgarniający, 2 – dysze, 3 – kolano rurociągu oleju grzewczego, 4 – wahliwe zawieszenie głowicy

Fig. 5. The dispensing head installed in the manufacturing assembly: 1 – scraping knife, 2 – nozzles, 3 – the elbow of the heating oil pipe, 4 – pivoting suspension of the head

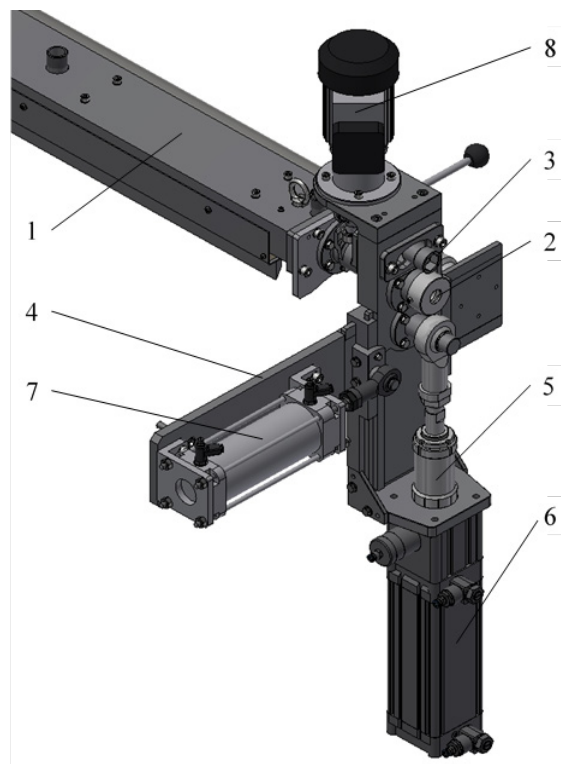
Na zdjęciach (rys. 4 i 5) pokazano głowicę zainstalowaną w ciągu technologicznym. Na rys. 4 widoczna jest głowica z rurowym kolektorem zasilającym, a na rys. 5 końcowa część głowicy z dopływem oleju grzewczego i wahliwym zawieszeniem w maszynie laminującej.

Układ pozycjonowania głowicy

Zaprojektowaną i zbudowaną głowicę dozującą zainstalowano w istniejącej maszynie laminującej, na bazie której został zbudowany innowacyjny ciąg technologiczny. Budowa i sposobu montażu głowicy musiały zatem zostać dostosowane do istniejących warunków zabudowy w maszynie. W związku z tym konstrukcja układu pozycjonowania głowicy musiała spełnić następujące wymagania techniczne:

- montaż na istniejących elementach konstrukcyjnych istniejącej maszyny,

- precyzyjna regulacja szczeliny między krawędziami noży zgarniających, a wałem transportującym podłoże,
- zmiana kąтового położenia głowicy w celu wykorzystania jednego z dwóch noży zgarniających w zależności od kierunku przepływu materiału (rys. 7),
- możliwość sprawnego odsunięcia głowicy w górę w celu wprowadzenia wstęgi materiału do układu technologicznego maszyny,
- zabezpieczenie górnego położenia głowicy przed niekontrolowanym opadnięciem (możliwość spowodowania wypadku podczas obsługi),
- możliwość sprawnego bocznego odsunięcia głowicy od wału (w tył) w celu wykonania czynności obsługowych,
- możliwość wprawienia głowicy w poprzeczny (w stosunku do kierunku przepływu podłoża) ruch oscylacyjny w celu równomiernego rozprowadzenia elastomeru).

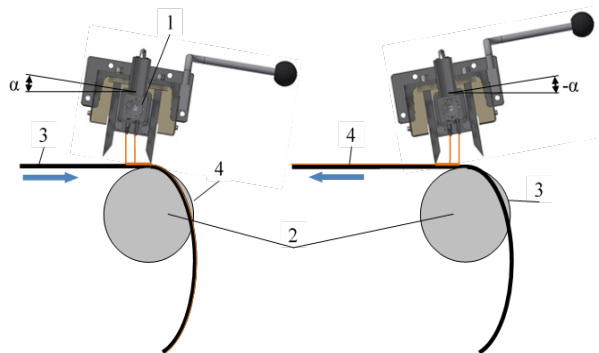


Rys. 6. Układ pozycjonowania głowicy dozującej: 1 – profil nośny, 2 – łożyskowanie głowicy, 3 – blokada położenia kąтового, 4 – belka nośna z prowadnicą ruchu poziomego, 5 – precyzyjny regulator szczeliny, 6 – siłownik pneumatyczny ruchu pionowego z hamulcem, 7 – siłownik pneumatyczny ruchu poziomego, 8 – napęd mimośrodowy ruchu oscylacyjnego

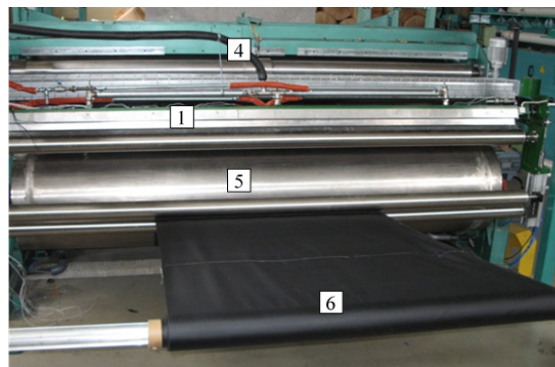
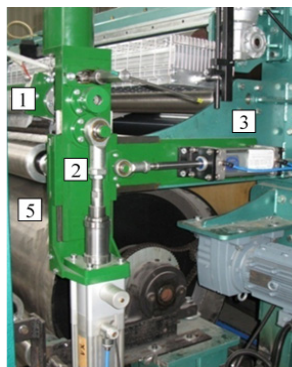
Fig. 6. The system for positioning of the dispensing head: 1 – support section 2 – head bearing, 3 – angular position lock, 4 – support beam with horizontal motion guide, 5 – precise aperture regulator, 6 – pneumatic actuator for vertical motion with a brake, 7 – pneumatic actuator for horizontal motion, 8 – eccentric, oscillating motion drive

Budowę układu pozycjonowania głowicy przedstawiono na rys. 6, na którym pokazano jego część związaną z jednym końcem głowicy. Na drugim znajduje się analogiczna, symetryczna konstrukcja. Do zamocowania głowicy wraz z układem pozycjonowania w istniejącej maszynie służy belka nośna 4, która jest połączona z istniejącym wspornikiem podtrzymującym łożyskowane wały (rys. 8). Po belce może przesuwаться zespół prowadnicy krzyżowej pozwalający na przemieszczanie w poziomie i w pionie walcowego łożyskowania głowicy. Ruchy

prowadnicy są realizowane za pomocą siłowników pneumatycznych uruchamianych przez centralny układ sterujący maszyny. Siłownik realizujący ruch pionowy jest wyposażony w samoczynny hamulec cierny zabezpieczający przed opadnięciem uniesionej głowicy dozującej. Ruch głowicy w dół jest ograniczony mechanicznym zderzakiem o precyzyjnie regulowanej wysokości pozwalającym na regulację szczeliny między krawędzią noża zgarniającego, a powierzchnią pokrywanego materiału decydującą o grubości warstwy nakładanego elastomeru. Po zluźnieniu blokady położenia kąтового, cała głowica może być obracana wokół osi czopów łożyskowych i unieruchamiana w odpowiednim położeniu kątowym umożliwiającym pracę jednego z noży zgarniających, w zależności od kierunku przepływu materiału (rys. 7). Na jednym z końców głowicy został zainstalowany wolnoobrotowy napęd mimośrodowy wywołujący ruch oscylacyjny całej głowicy, co poprawia równomierność naniesienia elastomeru lub służy do nakładania zygzakowatych strużek elastomeru w celu uzyskania specjalnego połączenia klejonego, przepuszczalnego dla pary wodnej lub powietrza.



Rys. 7. Aplikacja elastomeru przy różnych kierunkach przepływu materiału: 1 – głowica, 2 – wał linii technologicznej, 3 – podłoże, 4 – warstwa elastomeru, α – kąt pochylecia głowicy, strzałką zaznaczono kierunek przepływu wstęgi materiału



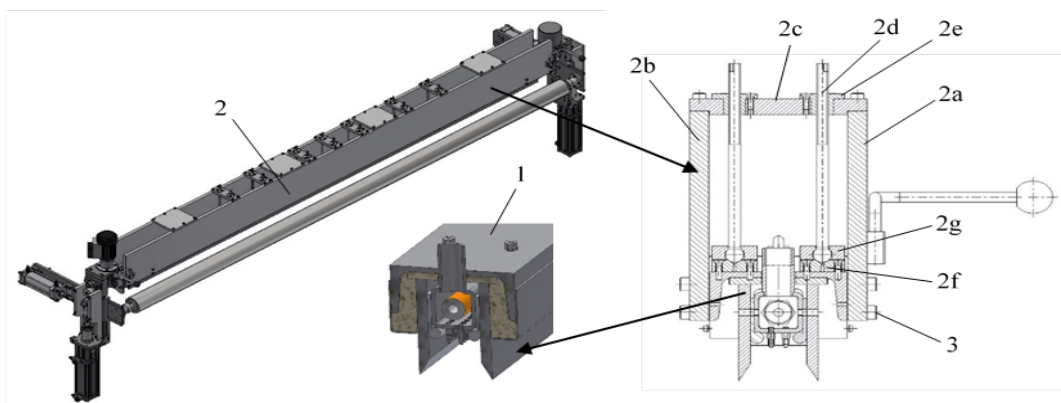
Rys. 8. Układ zabudowy głowicy dozującej wraz z mechanizmami pozycjonującymi w maszynie laminującej: 1 – głowica dozująca, 2 – układ pozycjonowania głowicy, 3 – wspornik maszyny laminującej, 4 – instalacja doprowadzająca elastomer, 5 – walce układu technologicznego, 6 – łączona tkanina

Fig. 8. The layout of the structure of the dispensing head with the positioning mechanisms in a laminating machine: 1 – dispensing head, 2 – head positioning system, 3 – laminating machine bracket, 4 – elastomeric supply, 5 – manufacturing assembly shafts, 6 – glued textile

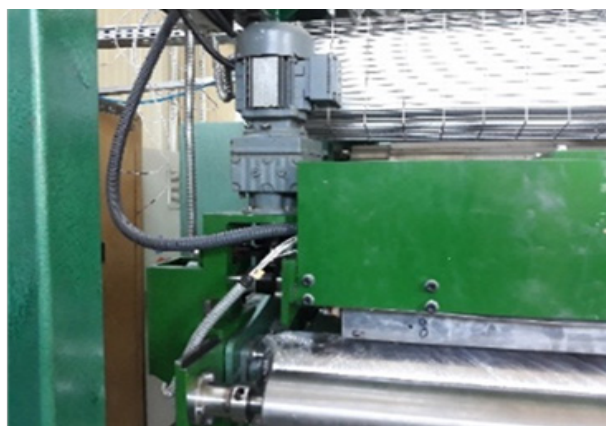
Na fotografiach (rys. 8) pokazano układ zabudowy głowicy dozującej wraz z mechanizmami pozycjonującymi w maszynie laminującej oraz widok układu technologicznego z głowicą oraz przykładowym przebiegiem powlekanego materiału.

Weryfikacja prototypu

Przeprowadzone próby i badania pokazały, że konstrukcja głowicy dozującej w opisanym przypadku nie zapewnia precyzyjnego ustawiania szczeliny. Dzieje się tak z powodu zbyt małej sztywności elementów konstrukcji oraz za dużych odchyłek prostoliniowości zastosowanych profili hutniczych. Głowica ze względu na wielorakie funkcje jakie realizują jej elementy składowe poddawana jest w trakcie pracy obciążeniom mechanicznym: statycznym i dynamicznym oraz dodatkowym obciążeniom związanym z doprowadzaniem elastomeru pod ciśnieniem, a także obciążeniom cieplnym wywoływanym przepływem gorącego elastomeru, a także oddziaływaniem grzałek kolektora lub rozgrzanego oleju przepompowywanego przez kanał grzejny. Istotny wpływ na możliwość regulacji szczeliny mają również szeroko rozstawione w maszynie laminującej punkty podparcia. W celu zapewnienia możliwości regulacji wielkości szczeliny oraz kompensacji odchyłek prostoliniowości profilu nośnego i noży zgarniających zaprojektowano i wykonano płytowy zespół kompensacji odkształceń 2 (rys. 9) z wielopunktową regulacją niwelującą strzałkę swobodnego ugięcia tych elementów. Zespół został połączony śrubami 3 na obu końcach profilu nośnego głowicy dozującej 1 elastomer. Składa się z płyt (2a i 2b) z oprawami (2c) wyposażonymi w śruby regulacyjne (2d) z zakończeniem kulistym i nakrętki (2e). Śruby (2d) osadzone w stopach (2g) zamocowane są do profilu nośnego głowicy nakładkami (2f).



Rys. 9. Głowica dozująca wraz z płytowym zespołem kompensacji ugięcia: 1 – profil nośny kolekto-ra, 2 - płytowy zespół kompensacji prostoliniowości głowicy, 2a, 2b – płyty, 2c – oprawa, 2d – śruba regulacyjna, 2e – nakrętka, 2f – nakładka, 2g – stopa.
 Fig. 9. The dispensing head with a panel deflection compensation system: 1 – support section of the collector, 2 – panel system of the head alignment compensation, 2a and 2b – panels, 2c – casing, 2d – regulation screw, 2e – cap, 2f – plate, 2g – foot



Rys. 10. Układ zabudowy głowicy dozującej z zamontowanym płytowym zespołem kompensacji prostoliniowości głowicy w maszynie laminującej
 Fig. 10. The layout of the structure of the dispensing head with the panel system for the head alignment compensation in a laminating machine

Na rys. 10 pokazano głowicę dozującą z zespołem kompensacji prostoliniowości głowicy zamontowaną na korpusie maszyny laminującej linii technologicznej wytwarzającej kompozyty tkaninowo-elastomerowe.

Opracowany układ funkcjonalny urządzenia pozwala na zmianę kierunku przepływu materiału, precyzyjną regulację grubości warstwy, automatyczną realizację ruchów ustawczych i serwisowych oraz bezpieczną obsługę.

Podsumowanie

W wyniku realizacji opisanej pracy została zaprojektowana, wykonana oraz zainstalowana w specjalnej, innowacyjnej linii technologicznej wytwarzającej kompozyty tkaninowo-elastomerowe, prototypowa głowica dozująca płynne środki wiążące. Głowica umożliwi aplikację elastomerów dyspersyjnych, rozpuszczalnikowych i termoplastycznych na przemieszczający się w procesie łączenia materiał o szerokości do 3,6 m, wyrównywanie naniesionej warstwy lub tworzenie warstw nieciągłych – przepuszczalnych dla pary wodnej lub powietrza. W instalacji dozującej zastosowano ogrzewanie podawanego medium za pomocą olejowych przewodów grzewczych lub elektrycznych elementów grzewczych oraz regulację temperatury.

Głowica dozująca wraz z całą specjalnie zaprojektowaną linią technologiczną jest wykorzystywana w firmie Bochemia do opracowywania i wdrażania innowacyjnych technologii wytwarzania wielofunkcyjnych kompozytów zawierających materiały wykazujące właściwości absorbujące energię, umożliwiające tłumienie uderzeń oraz właściwości wodoszczelne, grzybobójcze i bakterio-bójcze. Linia pozwoliła na oferowanie nowych innowacyjnych usług w zakresie:

- aminacji tkanin i materiałów tekstylnych o właściwościach termoizolacyjnych, antywibracyjnych, przeciwpoślizgowych i antywandalowych (np.: PCW, PA, siatka kewlarowa)
- otrzymywania jednorodnych, ciągłych warstw z wykorzystaniem głowicy ślimakowej z ekstruderem,

- laminowania tkanin i materiałów tekstylnych, w tym jednocześnie kilku materiałów, o różnej strukturze, gramaturze, grubości i szerokości do 3,6 m z
- laminowanie tkanin i materiałów bez stosowania rozpuszczalników działających negatywnie na środowisko,
- nanoszenia substancji do laminowania o zadanej temperaturze na podłoże o temperaturze otoczenia (zmniejszenie zużycia energii – temperatura pracy głowicy 70÷180°C),
- poprawy bezpieczeństwa pracy,
- zwiększenia precyzji dozowania elastomeru oraz wydajności i jakości laminowania. (laminowanie z wydajnością od 2 do 20 m/min z możliwością regulacji grubości warstwy elastomeru w zakresie 0,5÷5 m).

Literatura:

- [1] Fejdyś M., M. Łandwajt.2010. „Włókna techniczne wzmacniające materiały kompozytowe”. Techniczne Wyroby Włókiennicze 1/2:12–22.
- [2] Janicka J., R. Koźmińska.2009. „Tekstylna w materiałach kompozytowych”. Techniczne Wyroby Włókiennicze1: 20–28.
- [3] Kharchenko Ye. F., I. A. Kurmashova, Ye. A. Solovyova.2009. “Development and Study of Laminated Aluminum-Ceramic Armor Materials”. Techniczne Wyroby Włókiennicze 2/3: 40–41.
- [4] Kovacević S., J. Domjanić, S. Pacavar.2017. „Effects of Layer Thickness and Thermal Bonding on Car Seat Cover Development”. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 25, 2(122): 76–82.

- [5] Perepelkin K. E. 2005. “Polymer fibre composites, basic types, principles of manufacture, and properties. Part 2. Fabrication and properties of polymer composite materials”. Fibre Chemistry 37(5)..
- [6] Samborski T., A. Zbrowski.2013. “Mechatronic system for the production of highly secured documents”. Solid State Phenomena. Mechatronic Systems and Materials IV 198: 27–32.
- [7] Zbrowski A., T. Samborski.2012. „Prototypowa linia do elastycznego montażu dokumentów z zabezpieczeniem elektronicznym”. Technologia i Automatykacja Montażu 4: 30–36.

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

mgr inż. Krzysztof Matecki, Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom,
e-mail: krzysztof.matecki@itee.radom.pl;

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

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

Grzegorz Bąba, P.P.H.U. „BOCHEMIA” Grzegorz Bąba, bochemia@bochemia.com.pl



Zabytkowy Dom z klimatem

Warszawski Dom Technika jest obiektem zabytkowym, położonym w pobliżu warszawskiej Starówki. Z zewnątrz zachwycający ciekawą architekturą, w środku oferuje 6 sal konferencyjnych z pełnym wyposażeniem technicznym i audiowizualnym.

Do dyspozycji oddajemy

Dom historyczny, zaaranżowany w sposób sprzyjający event'om o różnej tematyce.

Nasz doświadczony zespół zatroszczy się o każdy szczegół spotkania.

Warszawski Dom Technika NOT Sp. z o.o.
ul. T. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa
tel. kom. 729 052 512 tel. +48 22 336 12 23
www.wdtnot.pl e-mail: izabela.krasucka@wdtnot.pl

ANALYSIS OF VON MISES HYPOTHESIS USEFULNESS FOR ADHESIVE LAYER EFFORT ESTIMATE

Analiza przydatności hipotezy Hubera do oceny wyężenia spoin klejowych

Jan GODZIMIRSKI, Sławomir TKACZUK

Abstract: In the adhesive layer, uneven stress distribution and their complex state usually occur. Development of methodology for the analysis of adhesive layer was an aim of the experimental studies and numerical calculations. Specimens with adhesive layers which were similar to each other in terms of even distribution of stresses, were used in trials. This condition was met by using cylindrical oblique specimens consisting of two elements, obtained by cutting symmetrically at an angle of 45° a cylinder with a diameter of 12 mm and a height of 20 mm and bonding them adhesively on the cutting surfaces. The result of the experiment showed a greater than 2.26 to 2.92 strength of compressed specimens compared to stretched ones. It allows to conclude that the Mises hypothesis cannot be directly used for analysis of the state of stresses in adhesive joints. Numerical calculations were performed. For those, the model of the specimens was put under tension and compression with mean values of forces determined experimentally for specimens bonded with Epidian 57 adhesive. Conclusions were allowed to be formulate by conducted trials and calculations. Structural adhesives exhibit higher compressive strength rather than tensile strength. Consequently they exhibit indirect properties between metallic elastic plastics and brittle ceramic bodies. The criterion for destroying an adhesive bond loaded temporarily may be that the von Mises stress exceeds the absolute value of the tensile strength of the adhesive or compression. However it should be taken into account that those strengths have different values.

Keywords: adhesive joints, effort of adhesive layers, effort hypothesis

Streszczenie: W spoinach połączeń klejowych występuje zazwyczaj nierównomierny rozkład naprężeń i ich złożony stan. Celem prowadzonych badań eksperymentalnych i obliczeń numerycznych było opracowanie metodyki analizy wyężenia spoin klejowych. W badaniach zastosowano takie próbki, w spoinach których występuje zbliżony do równomiernego rozkład naprężeń. Warunek ten spełniają próbki cylindryczne skośne składające się z dwóch elementów uzyskanych przez przecięcie walca o średnicy 12 mm i wysokości 20 mm, symetrycznie pod kątem 45° i sklejenie ich na powierzchniach cięcia. Przeprowadzony eksperyment wykazał większą od 2,26 do 2,92 wytrzymałość próbek ściskanych w porównaniu do rozciąganych, co pozwala stwierdzić, że hipoteza Misesa nie może być stosowana bezpośrednio do analizy stanu wyężenia spoin klejowych. Przeprowadzono obliczenia numeryczne, w których model próbki obciążono na rozciąganie i ściskanie średnimi wartościami sił wyznaczonych eksperymentalnie dla próbek łączonych klejem Epidian 57. Przeprowadzone badania i obliczenia pozwoliły sformułować wnioski. Kleje konstrukcyjne cechuje większa wytrzymałość na ściskanie niż na rozciąganie, a więc wykazują one właściwości pośrednie pomiędzy metalicznymi ciałami sprężysto-plastycznymi i ceramicznymi kruchymi. Kryterium zniszczenia spoiny klejowej obciążonej doraźnie może być przekroczenie przez naprężenia von Misesa bezwzględnej wartości wytrzymałości kleju na rozciąganie lub na ściskanie, ale należy uwzględnić, że te wytrzymałości mają różne wartości

Słowa kluczowe: połączenia klejowe, wyężenie spoin klejowych, hipotezy wyężenia

Introduction

Adhesive bonding is a typical method of joining applied in numerous branches of industry [1, 3, 4]. It is a particularly attractive technique of assemblance for applications, in which weight gain is at a premium, such as land and air transport [9]. In adhesive layers there are complex states of stress. Its distribution is usually uneven. Analytical solutions for single lap joints have been developed since 1938, when Volkersen analysed the shear-lag problem [13]. He ignored the bending moments applied to the joint because of the eccentricity of the load. The first solutions for peel stresses as well as for shear stresses were created by Goland and Reissner [2]. Afterwards their theory was improved [5, 6, 16]. A great normal stress concentration in adhesive layers of joints subjected to peeling was pointed out by Jouwersma [10], Lamb [12], Yurenka [15] and Gardon [7]. The stress concentration is

a cause of low strengths of such joints. However, only the finite element (FE) method enabled to determine complex states of stress in adhesive layers. An attempt to apply the FE method for stress analysis in the adhesive layer was already undertaken in the year 1971 [14]. Nowadays the FE method is often used for examining the strength of the adhesive joints [8, 11].

Therefore calculations of adhesive joints strength demand to determine adhesive layer effort according to certain theory and a comparison of reduced stresses with the adhesive strength. Conducted researches proved that extensively used von Mises hypothesis is useful for metallic materials. Moreover, the von Mises hypothesis is also commonly and unquestioningly used for an analyses of adhesive bonded joints. Numerous constructional adhesives show indirect properties between an elastic-plastic metal and a brittle body. Therefore, the adhesives

show higher compression strength in comparison with tensile strength. The von Mises hypothesis does not reassert for a brittle body. Thus the von Mises theory should be used deliberately for a strength analyses of adhesive bonds.

Experimental research

In the trials, it was decided to use such specimens, in which there is a similar to even distribution of stresses. The numerical analysis demonstrated that this condition is met by cylindrical oblique specimens consisting of two elements obtained by cutting symmetrically at an angle of 45 ° a cylinder with a diameter of 12 mm and a height of 20 mm, (Fig. 1) and adhesively bonding them on the cutting surfaces (Fig. 2).

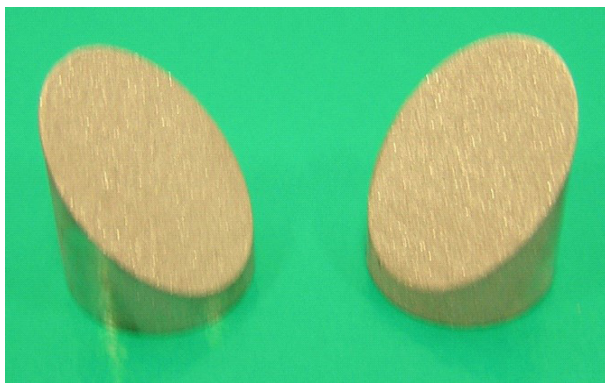


Fig. 1. Elements of cylindrical skew specimens
Rys. 1. Elementy próbek cylindrycznych skośnych

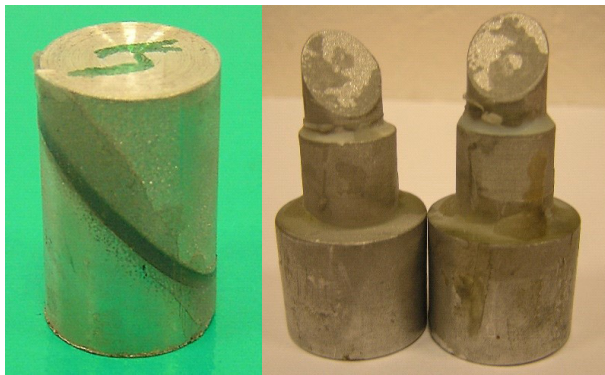


Fig. 2. Adhesively bonded cylindrical skew specimen for compressive test and specimens after tensile test
Rys. 2. Sklejona próbka cylindryczna skośna przeznaczona do badań na ściskanie oraz zerwana, obciążona na rozciąganie

The prepared specimens were loaded by compression and stretching. In order to stretch the higher, specimens were adhesively bonded into cylindrical brackets enabling axial-symmetrical fixing them into the holders of the testing machine.

Parts of the specimens were made of aluminum alloy AW 2017-T3 by spark erosion cutting the roller elements. The adhesively bonded surfaces of the

specimens were sandblasted, washed with gasoline and dried before the adhesive was applied. During the curing of the adhesive layers, the specimen's elements were placed in the matching holes of Teflon molds and pressed together under load 10 N.

If the von Mises hypothesis is appropriate for analyzing the stresses of adhesively bonded joints, then the strength of tensile and compressed samples should be similar. This requirement arise from the fact that if tensile and compressed specimens have the same value of force, there will be normal and tangential stresses in the adhesive layers with the same absolute value but with differed sign. After stretching the three components of normal stresses are positive and negative components under compression.

From the formula describing the reduced stresses by the Mises hypothesis:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_z\sigma_x + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (1)$$

it follows that the value of reduced stresses should be the same for positive and negative normal stresses if these stresses have the same absolute value.

Experimental tests were conducted for four adhesive and three epoxy: Epidian 57 / Z1, Poxipol and Raychem and a cyanoacrylate Dragon. Three pressed specimens and three stretched ones were adhesively bonded together with each adhesive. Specimens were tested in a Hung Ta HT-2402 testing machine at a speed of 2 mm / min. Exemplary results of tensile and compression tests are presented in Fig. 3, and the results of the tests are presented in Table 1.

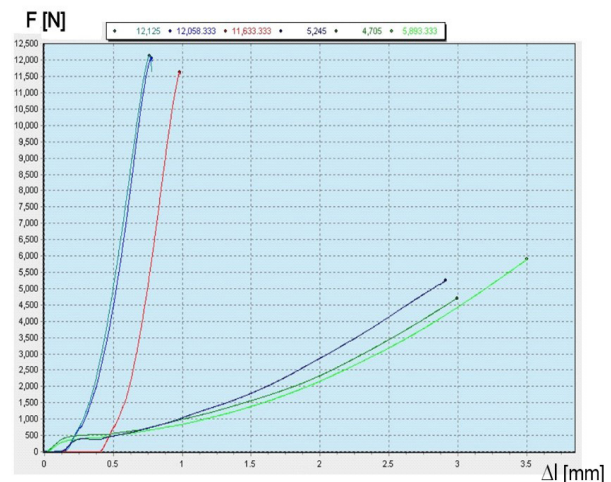


Fig. 3. Comparison of strength of compressed specimens (higher strength) and stretched (lower strength) adhesively bonded with adhesive Epidian57 / Z1

Rys. 3. Porównanie wytrzymałości próbek ściskanych (większa wytrzymałość) i rozciąganych (mniejsza wytrzymałość) klejonych klejem Epidian57/Z1

Table 1. Results of strength tests
Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałościowych

Adhesive	Epidian 57/Z1		Poxipol		Dragon		Raychem
	C	S	C	S	C	S	C
Load capacity, N	12125	5245	9623	4028	7777	2718	5713
	12058	4705	9157	4058	8263	2868	6083
	11633	5892	9767	3227	6100	2892	6200
Average load, N	11939	5281	9516	3771	7380	2726	5999

C – compressed specimens, S – stretched specimens

The results of experiment showed a greater than 2.26 to 2.92 strength of compressed specimens compared to stretched ones. This fact allows to conclude that the Mises hypothesis cannot be applied directly to analyze the state of stresses for adhesive joints for all types of adhesively bonded joints or that the strength of the compressed adhesives used for trials is about 2.5 times larger than its tensile strength.

Numerical analysis

In order to perform numerical calculations, the characteristics of $\sigma = \sigma(\epsilon)$ of Epidian57 / Z1 adhesive were determined by tensile test of a dog bone specimen with a length of 75 mm measuring base, casted from this adhesive and compression test of a cylindrical specimen with a diameter of 12 mm and a length of 25 mm. Using the extensometer 3542-025M-025-HT2, the value of longitudinal elasticity modulus of the tested adhesive $E \sim 2000$ MPa was estimated by means of the measurement method. The curves obtained experimentally were converted to real stress curves - cross-sectional deformations of the adhesive were also taken into account (Figure 4). The strength of the compression adhesive was higher than the tensile strength by about 36%.

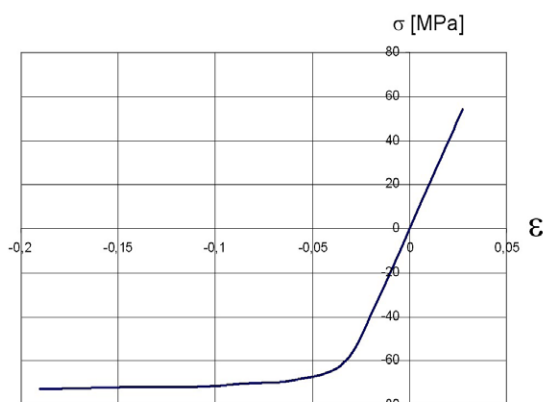


Fig. 4 The curve of actual stress of Epidian 57 / Z1 adhesive hardened at 60oC in 1 hour

Rys. 4 Krzywa naprężeń rzeczywistych kleju Epidian 57/Z1 utwardzanego w temperaturze 60oC w czasie 1 godziny

Numerical calculations were performed in Ansys 16.2 system using the model of the specimen which was loaded with tension and compression with mean values of forces determined experimentally for specimens bonded with Epidian 57 adhesive. The adhesive was molded as an elastic body with a module $E = 2000$ MPa and a thickness of 0.1 mm. There was a complex stress state in the adhesive layers, but the stress tensor components and reduced stresses practically had a constant value on the surface of the adhesive joint (Figures 5, 6, 7).

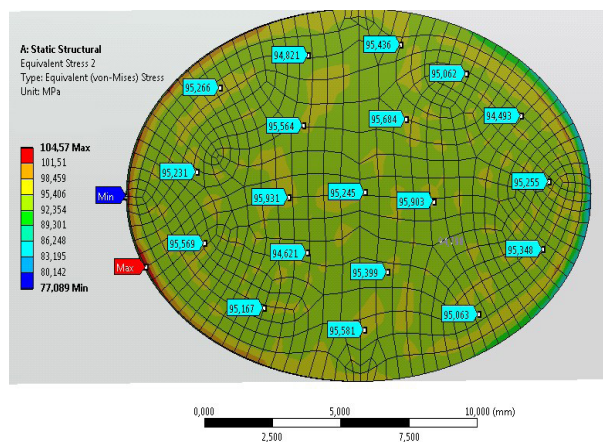


Fig. 5. Distribution of Mises stresses in the adhesive layer of the specimen compressed with 11939 N force

Rys. 5. Rozkład naprężeń Hubera w spoinie klejowej próbki obciążonej na ściskanie siłą 11939 N

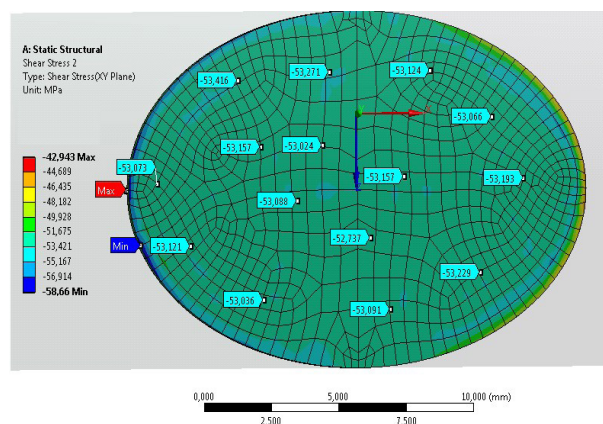


Fig. 6. Distribution of shear stress τ_{xy} in the adhesive layer of the specimen compressed with 11939 N force

Rys. 6. Rozkład naprężeń stycznych τ_{xy} w spoinie klejowej próbki obciążonej na ściskanie siłą 11939 N

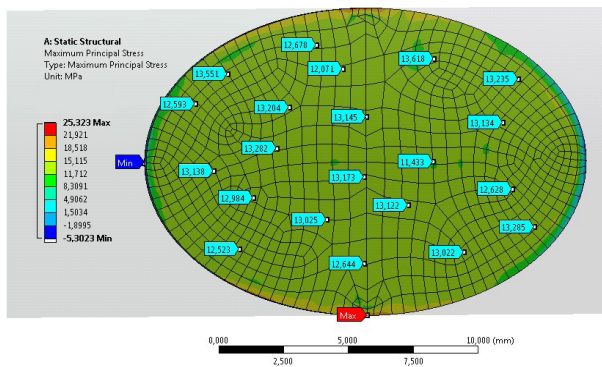


Fig. 7. Distribution of the main maximum stresses in the adhesive layer of the specimen compressed with 11939 N force
Rys. 7. Rozkład naprężeń maksymalnych głównych w spoinie klejowej próbki obciążonej na ściskanie siłą 11939 N

Table 2 presents the mean values of stress tensor components and values of reduced and main maximum stresses (σ_I) as well as values of minimum stresses (σ_{III}) calculated for destructive loads obtained in the tests: compression and stretching of cylindrical oblique specimens adhesively bonded with Epidian 57.

Table 2. Stress tensor components and reduced stresses calculated for adhesive layer of cylindrical skew joints adhesively bonded with Epidian 57 / Z1

Tabela 2. Składowe tensora naprężeń i naprężenia zredukowane obliczone dla spoin połączeń cylindrycznych skośnych klejonych klejem Epidian 57/Z1

Specimen	Compressed	Tensioned
Loading, N	11939	5281
Stresses		
σ_x	- 29,5	13
σ_y	- 52,5	23,2
σ_z	- 27,5	12,4
τ_{yz}	53,1	23,3
τ_{xy}	0	0
τ_{xz}	0	0
σ_M	95	42,2
σ_I	12,8	42,1
σ_{III}	-96	-5,6
T_{max}	54,2	24

The calculations showed, that in the case of compression, von Mises stress is practically equal to the absolute value of the main minimum stresses, and in the case of stretching, the main maximum stresses. The calculated main stresses are correspondingly comparable with the tensile strength of the tested adhesive and to a lesser extent compression. Considering nonlinear adhesive properties described in the curve shown in Fig. 4 in the calculation should reduce the stress value σ_M . Such calculations were possible to conduct for a maximum load not exceeding 9000 N. Therefore, the results of calculations in the linear and nonlinear range were compared for this load value (Figures 8 and 9).

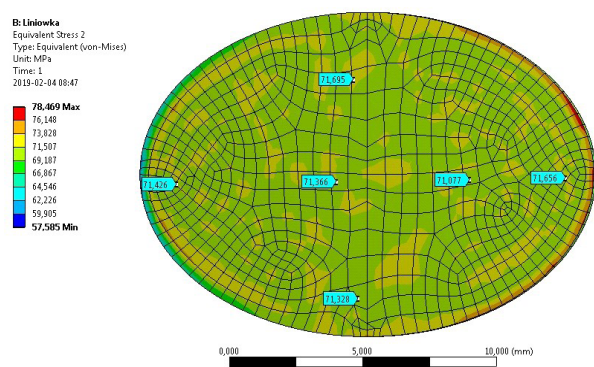


Fig. 8. Mises stress distribution in the adhesive layer of the compression specimen at a load of 9,000 N calculated assuming the nonlinear properties of the adhesive

Rys. 8. Rozkład naprężeń Hubera w spoinie próbki ściskanej przy obciążeniu 9000 N obliczony przy założeniu nieliniowych właściwości kleju

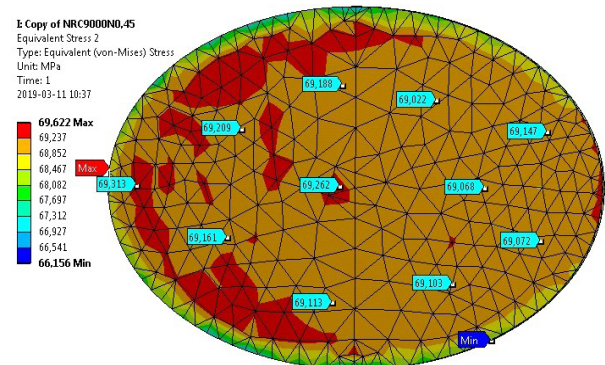


Fig. 9. Mises stress distribution in the adhesive layer of the compression specimen at a load of 9,000 N calculated considering the non-linear properties of the adhesive

Rys. 9. Rozkład naprężeń Hubera w spoinie próbki ściskanej przy obciążeniu 9000 N obliczony przy uwzględnieniu nieliniowych właściwości kleju

Taking into account the nonlinear properties of the adhesive resulted in a reduction in the maximum narrative values by about 11% and a more even distribution of stresses in the adhesive layer.

Conclusion

- Structural adhesives show higher compressive strength than tensile strength, and thus they exhibit indirect properties between metallic elastic-plastic and brittle ceramic bodies.
- The values of reduced stresses calculated according to the Mises hypothesis in adhesive layers are close to the main maximum stress or the main minimum stresses, but in the latter case they differ by the sign.
- The normal stresses occurring in the joints of the most popular overlapping joints are positive, therefore the Mises reduced stress as well as the main maximum stresses well characterize the effort of such joints.

- The criterion for destroying an adhesive bond loaded temporarily may be that Mises's stress exceeds the absolute value of the tensile strength of the adhesive or compression strength, but it must be considered that these strengths have different values.
- Due to the higher compressive strength of adhesives than tension one, adhesive joints should be designed as much as possible so that their stresses in the adhesive layer are negative stresses.

REFERENCES

- [1] Adams R.D., J. Comyn, W.C. Wake. 1997. "Structural Adhesive Joint in Engineering". London: Springer Science & Business Media.
- [2] Benson N.K. 1970. "Influence of stress distribution on the strength of bonded joints". Adhesion: Fundamentals and Practice, Elsevier, Amsterdam.
- [3] Cagle C.V. 1977. "Adhesive and Adhesive Bonding". Warsaw: WNT.
- [4] da Silva L.F.M., A. Öchsner, R.D. Adams. 2011. "Handbook of Adhesion Technology". Springer, Heidelberg.
- [5] da Silva F.M. et. al. 2009. "Analytical models of adhesively bonded joints – Part I: Literature survey". International Journal of Adhesion & Adhesive (29): 319-330.
- [6] da Silva L.F.M. et. al. 2009. "Analytical models of adhesively bonded joints – Part II: Comparative study". International Journal of Adhesion & Adhesive (29): 331-341.
- [7] Gardon J.L. 1963. "Peel Adhesion. A theoretical Analysis". Journal of Applied Polymer Science (2): 643-666.
- [8] Grant L.D.R., R.D. Adams, L.F.M. da Silva. 2009. "Experimental and numerical analysis of single-lap joints for the automotive industry". International Journal of Adhesion & Adhesive (29): 405-413.
- [9] Higgins A. 2009. "Adhesive bonding of aircraft structures". International Journal of Adhesion & Adhesive (20): 367-376.
- [10] Jouwersma G. 1960. "On the Theory of Right-Angle Peeling". Journal of Applied Polymer Science (45): 253-255.
- [11] Kumar S., P.C. Pandey. 2011. "Fatigue life prediction of adhesively bonded single lap joints". International Journal of Adhesion & Adhesive (31): 43-47.
- [12] Lamb G.E. 1961. "On the Theory of Peeling". Journal of Applied Polymer Science 51: 573-576.
- [13] Volkersen O. 1938. "Luftfahrtforschung", p. 15-41.
- [14] Wooley G.R., D.R. Carver. 1971. "Stress concentration factors for bonded lap joint". Journal of Aircraft (8): 17-20.
- [15] Yurenka G.E. 1962. "Peel Testing of Adhesive Bonded Metal". Journal of Applied Polymer Science (6): 136-144.
- [16] Zhao X., R.D. Adams, L.F.M. da Silva. 2010. "A new method for the determination of bending moments in single lap joints". International Journal of Adhesion & Adhesive (30): 63-71.

prof. dr hab. Inż. Jan Godzimirski - Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, e-mail: jan.godzimirski@wat.edu.pl

dr inż. Sławomir Tkaczuk - Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, e-mail: slawomir.tkaczuk@wat.edu.pl



70 lat POLISH 1 2019
TECHNICAL REVIEW
 SCIENCE AND INDUSTRY IN A COUNTRY OF CHANGES

PIOTR DRZEWIECKI
 engineer, mechanical technician, industrialist, President of Warsaw

EDITORIAL OFFICE
 ul. Ratuszowa 11, pok. 713,
 00-950 Warszawa, skr. pocztowa 1004
 22 818 09 18, 22 818 98 32, fax 22 619 21 87,
 polishtech@sigma-not.pl, www.polishtech.com

POLISH

TECHNICAL REVIEW

SCIENCE AND INDUSTRY IN A COUNTRY OF CHANGES

A quarterly presenting scientific and technical progress in all areas of Polish science. The magazine presents scientific and professional achievements of Polish scientists and engineers working both in the country and abroad. "Polish Technical Review" popularizes the progress of knowledge, achievements and contemporary problems, as well as the history of technical concepts and achievements as well as the profiles of outstanding people of science and technology.

The journal was published through 1964-1994 in four language versions – Russian, German, French and English. Reactivated – after 25 years break – the quarterly publishes articles in Polish and English.

The authors of the articles are scientists from Polish and foreign research centers. The magazine has international reach, it is available only in electronic version and open access.

We invite you to cooperation!

PUBLISHER
 Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT Spółka z o.o.
 ul. Ratuszowa 11, 00-950 Warszawa, skr. pocztowa 1004
 22 818 09 18, 22 818 98 32, fax 22 619 21 87, sekretariat@sigma-not.pl, www.sigma-not.pl

LOAD CAPACITY AND FATIGUE LIFE OF HYBRID JOINTS

Nośność i trwałość zmęczeniowa połączeń hybrydowych

Marek ROŚKOWICZ, Jarosław GAŚSIOR

Abstract: The paper presents the results of experimental research the aim of which was to compare the load capacity and fatigue life of single-lap joints of 2024-T3 aluminium alloy elements. The test specimens have been connected with adhesive bonding, mechanical fastening as well as by means of hybrid joints (adhesive and screw joints). Specimens with 25 and 50 mm overlaps have been used in the tests and geometry of joints has been modified by changing the mechanical fasteners location; mounted at 2 and 1 fastener hole diameter distance from overlap edge. It has been found that the use of mechanical fasteners in hybrid joints is effective only if appropriate overlap length is used. What is more, it has been empirically proven that the installation of mechanical fasteners in hybrid joints that are closer to the end of the overlap edge (less than the minimum recommended distance for mechanical joints) is justified taking into account the load capacity and fatigue life.

Keywords: hybrid joints, load capacity of joints, fatigue life of hybrid joints

Streszczenie: W pracy zaprezentowano rezultaty badań własnych, których celem było porównanie nośności i trwałości zmęczeniowej połączeń jednozakładowych, w których łączono elementy wykonane ze stopu aluminium 2024-T3. Próbki do badań łączono klejem, śrubami oraz w sposób hybrydowy (klejowo-śrubowy). W badaniach zastosowano próbki z zakładkami o długości 25 i 50 mm oraz z łącznikami mechanicznymi montowanymi w odległości równej dwóm i jednej średnicy śruby. Stwierdzono, że zastosowanie łączników mechanicznych w połączeniach hybrydowych jest efektywne pod warunkiem zastosowania odpowiedniej długości zakładki. Udowodniono eksperymentalnie, że w połączeniach hybrydowych montaż łączników bliżej końca krawędzi zakładki (poniżej min. odległości zalecanej dla połączeń mechanicznych) jest uzasadniony biorąc pod uwagę kryterium nośności połączeń i ich trwałości zmęczeniowej.

Słowa kluczowe: połączenia hybrydowe, nośność połączeń, trwałość zmęczeniowa połączeń hybrydowych.

Introduction

Hybrid joints as a combination of adhesive and screw connections is an interesting alternative to joining elements made of both metal and composite materials. Research papers on hybrid connections show that they exhibit better strength parameters compared to mechanical or adhesive joints both in static and durability range [4, 7, 8]. As the authors of the paper [3] indicate, the reason for their greater fatigue durability are smaller stress concentrations in the vicinity of the holes.

Hybrid connections are also considered as joints for which it is much easier to carry out the certification process in air constructions compared to adhesive connections [2]. Their application is recommended by the FAA (Federal Aviation Administration). The use of hybrid connections can also mean using a smaller number of mechanical fasteners in the assembly node [2, 9].

In aeronautical constructions, where thin-wall elements are connected, the use of adhesive joints is more effective, however this type of joints is characterized by limited efficiency in transferring complex load conditions causing "tearing off" at the ends of the adhesive joint [5, 6]. Hence, the simultaneous use of mechanical fasteners with

adhesive joints at the ends of adhesive overlaps should significantly improve the resistance of hybrid joints to this type of load cases. An important problem in the effective use of hybrid joints is such construction of the connection node, in which the optimal division of loads between mechanical and adhesive connections occurs [1].

The aim of the experimental tests was to compare the load capacity and fatigue life of adhesive, mechanical and hybrid joints in single-lap connections of two different lap lengths. The quantitative influence of a change in the distance between the installation and the edge of the mechanical fasteners overlap with the tested parameters was also analysed. In this way, it was assessed whether the installation of fasteners closer to the edge of the overlap produces positive effects in terms of load capacity and fatigue life of joints.

Research methodology

In experimental studies, single-lap joints were used in which elements made of aluminium alloy, series 2024-T3, were connected in an adhesive, mechanical and hybrid manner. The jointed elements were sheets 100 mm long, 25 mm wide and 2 mm thick. Epidian 57/Z1 adhesive (mixed in 10: 1 mass proportions) was used to prepare adhesion and hybrid

joints. Pressure during curing of adhesive joints was equal to 0.96 MPa. The adhesive layer was hardened in two stages, i.e. 24 hours at 20 °C and 8 hours at 80 °C. For the preparation of mechanical and hybrid joints, fasteners in the form of steel screws: series 8.8, with a diameter of \varnothing 3mm BN-73/1112-03 were used. The lengths of the threaded bolt parts are selected so that no thread cuts are present in the mounting holes. The surfaces of the elements for bonding were prepared by degreasing them with acetone, sandblasting with an electrocorundum with a grain diameter of F40 and air pressure of 8 atmospheres and re-washing with acetone. When, in the course of conducting endurance tests, it turned out that the sandblasting of the surface of the elements to be bonded has a negative impact on the fatigue life of the joints, the sandblasting in hybrid joints was replaced by roughening with abrasive paper with a grain of P80 (abrasive grain size from 180 to 212 μ m). The screws were installed halfway through the width of the specimen in three different configurations of the fastener's distance from the edge of the overlap. The distance was measured by the diameter of the holes for mechanical fasteners - hence the 2 or 1 hole diameter (2D, 1D) was assumed for the needs of this research paper. The bolts were mounted with a torque of 2.2 Nm. In the case of hybrid joints, the bolts were assembled before the adhesive hardened. In order to obtain a uniform thickness of the adhesive layer, spacer threads were used in both adhesive and hybrid joints. Specimens with two following tab lengths were tested: 25 and 50 mm. The specimens were subjected to static and fatigue loading with a ZD-10 testing machine with a pulsator. Fatigue life test was carried out in the range of cycle loads: 1.5 - 4.5 kN (average cycle load 3 kN) with a frequency of 8 Hz and cycle asymmetry factor of $R = 0.33$. The hybrid joint scheme used in the research is presented in Fig.1.

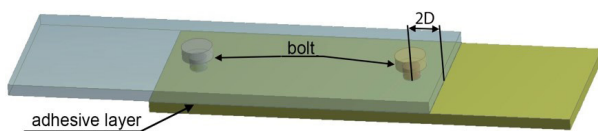


Fig. 1. Scheme of screw and adhesive joint prepared for the needs of the research

Rys. 1. Schemat połączenia śrubowo – klejowego przygotowanego do badań

In the first stage of the research, the load capacity and fatigue life of adhesive, mechanical and hybrid joints with an overlap length of 25 mm were compared.

In the second stage, joint strength and fatigue life were also compared, however the length of the overlap was increased to 50 mm. Moreover, at this stage, the distance between installation of the mechanical fasteners and the edge of the overlap was also

changed, assessing the impact of such modifications on the load capacity and fatigue life of the joints.

In order to determine the load capacity of joints, the tests were carried out for five samples, while fatigue life, due to the duration of tests, was determined for three or four samples.

Results

The results obtained in empirical research for the first stage are presented in Fig. 2 and in Table 1.

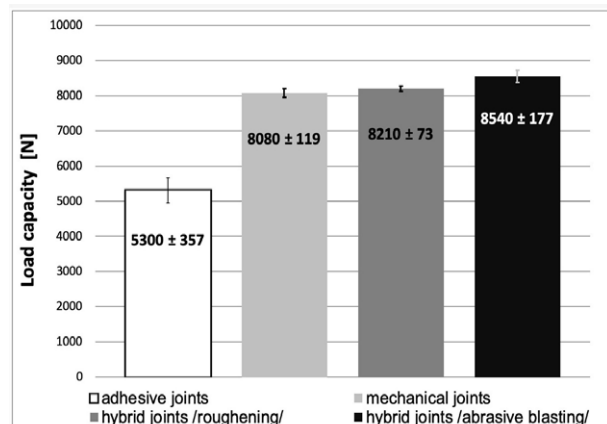


Fig. 2. Comparison of load-bearing capacity of adhesive, mechanical and hybrid joints (for two variants of surface preparation)

Rys. 2. Porównanie nośności połączeń adhezyjnych, mechanicznych i hybrydowych (dla dwóch wariantów przygotowania powierzchni)

Table 1. Fatigue life of joints with 25 mm overlap and fasteners installed at 2D distance from overlap edge

Tabela 1. Trwałość zmęczeniowa połączeń o zakładce 25 mm, montaż łączników mechanicznych w odległości 2D od krawędzi zakładki

Fatigue life [number of cycles]			
No.	Adhesive joints	Mechanical joints	Roughened hybrid joints
1	120	80100	135200
2	300	155900	145000
3	50	143200	165550
Mean	157	126400	148583

The average load capacity of mechanical joints compared to the adhesive ones was higher by more than 50%. In hybrid joints with roughened elements, there was practically no increase in the load capacity of joints compared to mechanical joints, while slightly higher load values were recorded for hybrid joints with sandblasted elements, which is associated with higher adhesion strength of the adhesive joint due to surface sandblasting.

In terms of fatigue life, there was a big difference between the durability of adhesive joints and the

durability of other connections. The very low fatigue life of adhesive joints can be explained by the high value of the maximum cycle load - 4.5 kN - this is the value that corresponds to almost 85% of the average load capacity of this type of joints. The highest fatigue life was characterized by hybrid joints with non-sandblasted elements, in contrast to the durability of hybrid joints, but with sandblasted elements. Their durability was even lower than the fatigue life of mechanical joints - although their load capacity was the highest among all tested joints in this series. The decrease in fatigue life of joints with sandblasted elements should be explained by the very negative influence of small structural notches that are formed on the sandblasted surface. In this case, even the presence of an adhesive layer did not eliminate this negative phenomenon.

The results obtained in experimental research for the second stage are presented in Fig. 3 and in Table 2.

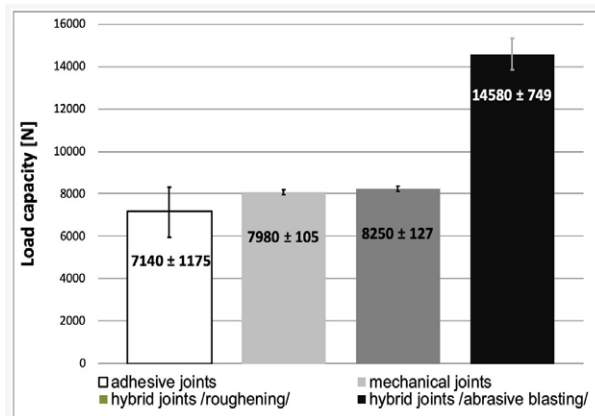


Fig. 3. Comparison of load-bearing capacity of adhesive, mechanical and hybrid joints (for two variants of surface preparation)

Rys. 3. Porównanie nośności połączeń adhezyjnych, mechanicznych i hybrydowych (dla dwóch wariantów przygotowania powierzchni).

Table 2. Fatigue life of joints with 50 mm overlap and fasteners installed at 2D distance from overlap edge

Tabela 2. Trwałość zmęczeniowa połączeń o zakładce 50 mm, montaż łączników w odległości 2D

Fatigue life [number of cycles]			
No.	Adhesive joints	Mechanical joints	Roughened hybrid joints
1	7000	141550	1059750
2	9500	89300	1260500
3	4300	166800	1015400
4	12000	179200	1098500
Mean	8200	162517	1108538

The double increase of the connection overlap area resulted in an increase in the load-bearing capacity of adhesive joints by approx. 35%, while the load-bearing capacity of the mechanical connections practically remained unchanged. The influence of the surface preparation method on the load capacity of hybrid joints was noticeable for such a length of overlap – joints with sandblasted elements were characterized by an increase in load capacity by 83% compared to mechanical joints, whereas for joints with non-sandblasted elements, the increase was unnoticeable. The load-bearing capacity of adhesive joints and mechanical joints was not much different, much less than for joints with a 25 mm overlap.

Increasing the length of the overlap positively affected the fatigue life of all types of joints, which should be explained by the greater stiffness of joints and, therefore, their lower susceptibility to secondary bending moments. Surprising results were obtained for hybrid joints with non-sanded elements, in which there was a 7.5-fold increase in fatigue life – despite the fact that their load capacity was significantly lower than hybrid joints with sandblasted elements. Once again, the low practical application of sandblasting as a method of surface preparation for bonding in the context of use of future joints under variable load conditions was proven. In the case of sandblasted hybrid joints, along with increasing the length of the overlap, a proportional increase in fatigue life was achieved (a double increase in the area of the adhesive bonding surface). Due to the very negative impact of sandblasting on the fatigue life of hybrid connections, in the next stage of the research, it was decided to abandon the sandblasting of components for the preparation of hybrid specimens. The results of load capacity and fatigue life obtained after modification of mechanical and hybrid joints consisting in installation of bolts closer to the edge of the overlap (distance 1D) are presented in Fig. 4 and Table 3.

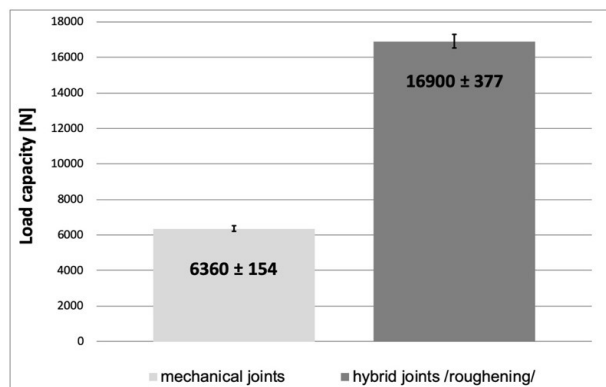


Fig. 4. Comparison of load-bearing capacity of mechanical and hybrid joints with 50 mm overlap, installation of fasteners at 1D distance from the overlap edge

Rys. 4. Porównanie nośności połączeń mechanicznych i hybrydowych o zakładce 50 mm, montaż łączników w odległości 1D

Table 3. Fatigue life of joints with 50 mm overlap, fasteners installed at 1D distance from the overlap edge; (* - test samples were not damaged)

Tabela 3. Trwałość zmęczeniowa połączeń o zakładce 50 mm, montaż łączników w odległości 1D; (* - próbki nie uległy zniszczeniu)

Fatigue life [numbers of cycles]	
No.	Mechanical joints
1	472600
2	281600
3	450500
4	NDA
Mean	401567

After modifying the installation of fasteners, the load capacity of the mechanical joints dropped by about 20%, but because there was another mechanism in the tests to damage the joint, the bolts were not sheared and the joints were damaged as a result of exceeding the permissible stress on surface pressures in the bolt holes. In the case of hybrid joints after modification, more than two-fold increase in the load capacity was observed, which even exceeded the capacity of hybrid joints with sandblasted elements and bolts installed at 2D distance.

Modification of the installation of the fastener closer to the edge of the overlap turned out to be a beneficial procedure in terms of their fatigue life. In mechanical joints with a 50 mm overlap, the increase of an average fatigue life doubled. Due to the small distance of the wall of the hole from the edge of the joined elements, there was also another form of fatigue damage. Samples No. 1 and 3 of the mechanical joints were damaged not in the critical section, but at the edge of the overlap. Hybrid specimens No. 1 and No. 4 were not damaged during the tests. In sample No. 3 of the hybrid joints, after the tests, defects were found at the ends of the overlap. Modification of the fastener installation in the case of hybrid joints had a significant impact on increasing their fatigue life. In the case of two samples, at least a 25-fold increase in the fatigue life of joints was noted ("at least", because the analysed joints were not damaged).

Conclusions

Based on the performed experimental tests, it was found that:

- execution of hybrid joints using sandblasting with the above parameters as a method of surface preparation for bonding has a negative impact on their fatigue life.
- the use of mechanical fasteners in a hybrid joints is effective provided that appropriate length of the overlap (in the author's own research it was 50

mm) or the appropriate area of the bonded surface is applied.

- otherwise, there is no effective division of the load between the adhesive joint and mechanical fasteners.
- in hybrid joints, the position of the mechanical fastener at a distance equal to 1 bolt hole diameter from the edge of the overlap (in mechanical joints the recommended distance is equal to two diameters) is justified. In static and fatigue tests, it has been proven that this solution increased both the load-bearing capacity and fatigue life of joints. Nevertheless, in the case of mechanical joints alone, reducing this distance is the wrong solution – the fatigue life of the joints is reduced.

REFERENCES

- [1] Bodjona K. et. al. 2015. "Load sharing in single-lap bonded/bolted composite joints. Part I- Model development and validation". *Compos Struct* (129): 268–275.
- [2] Brotherhood C.J., B.W. Drinkwater, S. Dixon. 2003. "The detectability of kissing bonds in adhesive joints using ultrasonic techniques". *Ultrasonics* (41): 521-529.
- [3] Chowdhury N. et. al. 2015. "Static and fatigue testing thin riveted, bonded and hybrid carbon fiber double lap joints used in aircraft structures". *Compos Struct* (121): 315-323.
- [4] Fu M., P. Mallic. 2001. "Fatigue of hybrid (adhesive/bolted) joints in SRIM composites". *International Journal of Adhesion and Adhesives* 21(2): 145-159.
- [5] Godzimirski J., M. Rośkiewicz, S. Tkaczuk. 2010. "Strength of adhesive joints". *Military University of Technology*.
- [6] Hart-Smith J. 1998. "Bolted and bonded joints". in: *ASM handbook*, vol. 21. p. 167–76.
- [7] Kelly G. 2005. "Load transfer in hybrid (bonded/bolted) composite single-lap joints". *Compos Struct* 69(1):35-43.
- [8] Kelly G. 2006. "Quasi-static strength and fatigue life of hybrid (bonded/bolted) composite single-lap joints". *Compos Struct* 72(1):119-129.
- [9] Rośkiewicz M., J. Chudowolska. 2018. "Impact of mechanical fasteners on the carrying capacity of hybrids". *Technologia i Automatyzacja Montażu* (1): 52-54.

dr hab. inż. Marek Rośkiewicz - Instytut Techniki Lotniczej, Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa, Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, e-mail: marek.roskowicz@wat.edu.pl

mgr inż. Jarosław Gąsior - absolwent Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, Wojskowe Centrum Normalizacji, Jakości i Kodyfikacji, ul. Nowowiejska 28A, 00-909 Warszawa, e-mail: j.gasior@ron.mil.pl

THE INFLUENCE OF ADHESIVE TYPE AND SURFACE TREATMENT ON THE STRENGTH OF C45 STEEL SHEETS ADHESIVE JOINTS

Wpływ rodzaju kleju i sposobu przygotowania powierzchni na wytrzymałość połączeń klejowych blach ze stali C45

Anna RUDAWSKA, Izabela MITURSKA, Leszek SEMOTIUK

Abstract: The aim of the article was to present issues related to the determination of the impact of selected technological factors: the method of surface treatment and the type of adhesive on the strength of adhesive joints made of C45 steel sheet. The surfaces of the analyzed steel sheet samples were prepared by processing with four different abrasive papers: P120, P280, P320, P800. The sheet samples were bonded with three different epoxy two-component adhesives: Epidian 57/PAC/100:80, Epidian 6/PAC/100:80 and Epidian 62/PAC/100:80, including one-step cure at room temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$, with humidity $26 \pm 2\%$. After the curing process, strength tests of the adhesive joints were carried out on the Zwick / Roell 150 testing machine in accordance with the PN-EN 1465 standard. It was noticed, among others, that the preferred surface treatment method was surface treatment with the P280 abrasive tool, after which the adhesive joints showed the highest shear strength.

Keywords: adhesive joints, strength, C45 steel sheet

Streszczenie: Celem artykułu było przedstawienie zagadnień związanych z określeniem wpływu wybranych czynników technologicznych: sposobu przygotowania powierzchni oraz rodzaju kleju na wytrzymałości połączeń klejowych wykonanych z blachy stalowej C45. Powierzchnie analizowanych próbek blachy stalowej zostały przygotowane poprzez obróbkę czterema różnymi papierami ściernymi: P120, P280, P320, P800. Próbki blach zostały sklejone trzema różnymi klejami epoksydowymi dwuskładnikowymi: Epidian 57/PAC/100:80, Epidian 6/PAC/100:80 oraz Epidian 62/PAC/100:80, uwzględniając jednostopniowe utwardzanie w temperaturze pokojowej $24 \pm 2^\circ\text{C}$, przy wilgotności $26 \pm 2\%$. Po procesie utwardzania dokonano prób wytrzymałościowych połączeń klejowych na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell 150, zgodnie z normą PN-EN 1465. Zauważono m.in., że korzystnym spośród badanych metod przygotowania powierzchni jest przygotowanie powierzchni ściernym narzędziem nasypowym P280, po którym połączenia klejowe wykazały największą wytrzymałość na ścinanie.

Słowa kluczowe: połączenie klejowe, wytrzymałość, blacha stalowa C45

Introduction

There are numerous methods of bonding different elements, e.g. parts of the machinery. They include: bonding with screw joints, welding, riveting, soldering, and pressure welding. It is of high importance to use the methods that ensure obtaining the bonds of the assumed properties without compromising the construction's characteristics, i.e.: dimensions, shape, functionality, usability, reliability, aesthetics, modularity or versatility.

Adhesive joints are one of the most often used bonding methods in various constructions [1, 5] and are categorised as permanent joints. Their most prominent advantages include, among others [5]: lighter weight of the whole construction, the possibility of joining the elements made of both the same and different materials and geometry, less elements used in relation to other types of joints and a uniform stress pattern thanks to the lack of holes on the surface that often occur in case of different joints, e.g. bolted or riveted ones. Apart from numerous advantages, the adhesive joints and the bonding process itself also have some disadvantages that need to be taken into

consideration, e.g.: the ageing process caused by, among others, changeable weather conditions that have considerable negative impact on the adhesive joint's strength [2, 3, 8] or the necessity of using various, often time-consuming, surface treatment methods in case of some materials [4, 11, 14]. As a result, the elements' bonding method may need to be reanalysed or even changed.

Numerous factors have impact on the bonding process and the properties of the adhesive joints. They include: constructional, technological, material and exploitation ones, which are subject to the experimental tests, whose results are presented in numerous works [3, 6, 7, 12, 13].

Taking into consideration the characteristics of this method, as well as the factors impacting the obtained joints' strength, it is necessary to strive for such an adhesive joint that will be characterised by the appropriate strength and resistance to the exploitation factors. It is determined by, among others, the technological factors that, in case of the present article, include the adhesive type and the joined materials' surface treatment.

Experimental test method

The adhesive joints made of the C45 steel sheets were used to conduct the experimental tests. The surfaces of the analysed samples were prepared by processing with use of four different abrasive paper types. Then the samples were bonded with use of three different adhesives. The strength tests of the adhesive joints were carried out.

The joints used in the experimental tests were the single-lap adhesive joints made of C45 steel sheet. Figure 1 shows shape and dimensions of the analysed joint.

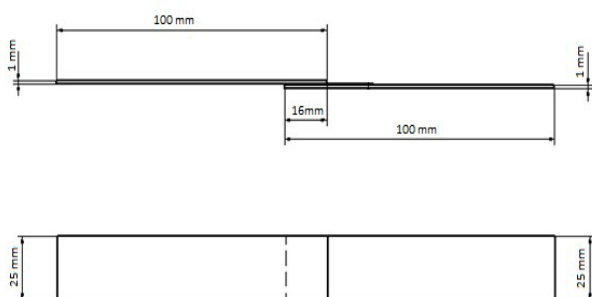


Fig. 1. A single-lap adhesive joint made of C45 steel
Rys. 1. Połączenie klejowe jednozakładkowe blachy ze stali C45

The surfaces of the analysed samples were prepared by mechanical working, specifically by processing with four different abrasive papers: P120, P280, P320 and P800. 30 rotary movements with the abrasive papers of the aforementioned grit sizes were performed on the surface of each sample. After mechanical working the samples were degreased by rubbing-through three times with use of acetone. The drying time after degreasing was 2 minutes.

Three types of two-component epoxy adhesive compounds (epoxy resin and curing agent), presented in Table 1, were used to make the adhesive joints.

The Epidian 57 resin is an epoxy compound obtained by modifying Epidian 5, which is a specially selected saturated polyester resin. Epidian 6 is a multi-use epoxy resin. Epidian 62 is a clear and viscous epoxy resin, modified with an inactive yellowish diluent. After being cured, the compound is of milk-white colour

Rodzaj żywicy	Rodzaj utwardzacza	Stosunek składników żywica: utwardzacz	Oznaczenie kleju
Epidian 57	PAC	100:80	Epidian 57/PAC/100:80
Epidian 62	PAC	100:80	Epidian 62/PAC/100:80
Epidian 6	PAC	100:80	Epidian 6/PAC/100:80

Table 1. Adhesive compounds
Tabela 1. Kompozycje klejowe

and non-transparent. The aforementioned compounds are used for, among others, making the adhesives for bonding various construction materials, including the steel elements.

The PAC curing agent is obtained by polycondensation of polyamine with dimers of the fatty acid methyl esters. The curing agent increases the cured compound's elasticity and its impact resistance. However, it also decreases its hardness and resistance to high temperature.

The basic parameters of the adhesive compounds' ingredients were presented in the references [9, 10, 15].

In order to weigh the needed amount of all the adhesive compounds' ingredients, an electronic balance (model OP-2, produced by FAWAG S.A.) with the accuracy of 0.01 g was used. The ingredients were mixed manually with use of a mechanical mixer at the adhesive mixing station. The mixing speed was 460 rpm and the mixing time was 2 minutes. A polymer spatula was used to apply the adhesives mass.

The samples were bonded in the following conditions: the temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$ and the humidity of $26 \pm 2\%$. The adhesive joint's one-step curing process, with use of pressure of 0.18 MPa, was conducted in the same conditions. The strength tests of the adhesive joints were carried out on the Zwick/Roell 150 testing machine in accordance with the DIN PN-EN 1465 [16] standard and with the cross-bar moving at the speed of 5 mm/min.

8 joints were made for each joint variant and adhesive type. In total 96 adhesive joints of the C45 steel sheets were made for the strength analysis.

Experimental tests' results and analysis

When analysing the experimental tests' results, the extreme values for a specific batch of samples were rejected. It was the case when the discrepancies between the results were large. The primary objective was to eliminate the specific values that were too low or too high in relation to other values and that resulted from the faults or defects, which occurred during the bonding process. Then, the arithmetic mean and the standard deviation for each batch of samples were calculated.

Figure 2 shows the comparison of the shear strength test results of the C45 sheet adhesive joints made with use of three different epoxy adhesives in relation to the surface treatment method.

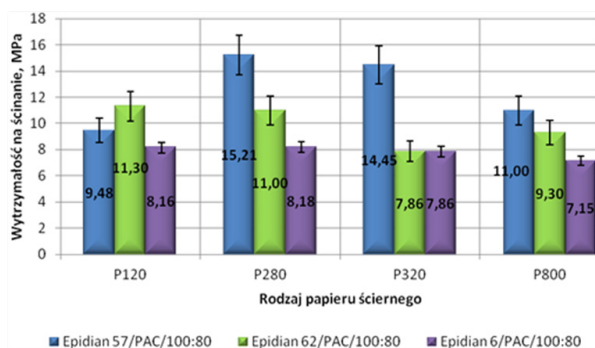


Fig. 2. Comparison of the shear strength test results of the steel sheet adhesive joints made with use of three different epoxy adhesives in relation to the surface treatment method.

Rys. 2. Porównanie wyników wytrzymałości na ścinanie połączeń klejowych blachy stalowej wykonanych za pomocą trzech rodzajów klejów epoksydowych ze względu na sposób przygotowania powierzchni

Based on the shear strength results (Fig. 2), it may be observed that in case of the adhesive joints whose surface was treated with the P120 abrasive paper, the ones that showed the highest shear strength (11.30 MPa) were those made with the Epidian 62/PAC/100:80 epoxy adhesive. The lowest shear strength (8.16 MPa), in turn, was obtained by the adhesive joints made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive.

When analysing the adhesive joints whose surface was treated with the P280 abrasive paper, the highest shear strength (15.21 MPa) was obtained by those made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive. The lowest shear strength (8.18 MPa), in turn, was obtained by the samples made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive. The shear strength of the adhesive joints made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive was higher than the strength of the adhesive joints made with the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive by 46%.

The shear strength tests' results of the single-lap adhesive joints made with three different epoxy adhesives, whose surface was treated with the P320 abrasive paper, showed that the highest shear strength (14.45 MPa) was obtained by those made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive. The lowest shear strength (8.18 MPa), in turn, was obtained by the adhesive joints made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive. The shear strength of the adhesive joints made with the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive was lower than the strength of the adhesive joints made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive by 45%.

When analysing the C45 steel adhesive joints, whose surface was treated with the P800 abrasive paper, the highest shear strength (11.00 MPa) was obtained by those made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive. The lowest shear shear

strength (7.15 MPa), in turn, was obtained by the samples made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive. The shear strength of the adhesive joints made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive was lower than the shear strength of the joints showing the highest strength value by 35%.

The adhesive joints made with use of the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive showed that the highest strength of 8.18 MPa was obtained by the joints whose surfaces were treated with a coated abrasive with the P280 grit, whereas the lowest strength was obtained by the joints whose surfaces were treated with the coated abrasive with the P800 grit. When analysing the experimental tests' results, it may be observed that the strength of the joints whose surface was prepared with the coated abrasive with the grit of P120 was lower than the strength of the joints prepared with the coated abrasive with the grit of P280 by only 0.25%. The adhesive joints whose surface was prepared with the abrasive paper P280, in turn, showed the strength 12.6% lower than the joints showing the highest strength.

In case of the joints made with use of the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive, the adhesive joints characterised by the highest shear strength were those whose surfaces were treated with the coated abrasive with the P280 grit and amounted to 15.21 MPa. The lowest strength, in turn, was obtained by the adhesive joints whose surfaces were treated with the coated abrasive with the P800 grit and was equal to 11.00 MPa. The shear strength of the joints whose surface was prepared with the coated abrasive with the grit of P280 was higher than the strength of the joints prepared with the coated abrasive with the grit of P800 by 27.7%.

When comparing the shear strength results of the adhesive joints made with use of the Epidian 62/PAC/100:80 epoxy adhesive, it may be observed that the joints characterised by the highest strength were those whose surfaces were treated with the coated abrasive with the P120 grit and it was equal to 11.3 MPa. The lowest strength, in turn, was obtained by the adhesive joints whose surfaces were treated with the coated abrasive with the P800 grit and was equal to 9.30 MPa. The shear strength of the joints whose surface was prepared with the coated abrasive with the grit of P120 was higher than the strength of the joints prepared with the coated abrasive with the grit of P320 by 30%.

When comparing the experimental tests' results, it may be stated that in case of the surfaces treated with use of the P280, P320 and P800 abrasive papers, higher strength was obtained by the adhesive joints made with the Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive,

whereas lower strength values were characteristic for the joints made with the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive. In case of the surface prepared with the P120 abrasive paper, the highest strength was obtained by the joints made with the Epidian 62/PAC/100:80 epoxy adhesive. Based on the graph above, it may be also noticed that in case of each surface treatment method presented herein, the lowest strength was obtained by the adhesive joints made with the Epidian 6/PAC/100:80 epoxy adhesive.

Summary

Based on the experimental tests results described herein it may be concluded that selection of a proper abrasive tool has considerable impact on the joints' strength. The experimental tests' analysis shows that for bonding the construction steel sheets, the best surface treatment method among all the tested ones is surface treatment with use of a coated abrasive with the grit of P280. The adhesive joints that were subject to mechanical processing with the P280 coated abrasive obtained the highest values of shear strength. Also, the P320 coated abrasive was equally effective in terms of surface treatment. Based on the obtained test results it was stated that the surface treatment method by means of mechanical processing with use of a coated abrasive with the grit of P800 is the least effective as the results were not good enough. Moreover, it was observed that among all the epoxy adhesives used in the tests, the most effective one was Epidian 57/PAC/100:80 epoxy adhesive, as most samples made with it obtained the highest shear strength results, regardless of the abrasive paper's grit used during the steel sheets' surface treatment process.

To conclude, it needs to be stated the mechanical processing has massive impact on the strength of the adhesive joints made of steel sheets. As far as the abrasive paper's grit size is concerned, the adhesive joints' strength is higher when using the paper with coarse grit and much lower when using the fine-grit paper. It results in more surface microroughness that enables the adhesive to firmly stick to the surface. However, it is also related to the adhesive type.

REFERENCES

- [1] Adams R.D., J. Comyn, W.C. Wake. 1997. "Structural Adhesive Joints in Engineering Book". 2nd edition, Springer, United Kingdom.
- [2] Brack N., A.N. Rider. 2014. "The influence of mechanical and chemical treatments on the environmental resistance of epoxy adhesive bonds to titanium". *International Journal of Adhesion and Adhesives* (44): 20–27.
- [3] da Silva L.F.M. et. al. 2009. "Effect of material, geometry, surface treatment and environment on

- the shear strength of single lap joints". *International Journal of Adhesion and Adhesives* (29): 621–632.
- [4] Ebnesajjad S., C. Ebnesajjad. 2013. "Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding". 2 nd edition, Inc. Norwich, NY, USA, William Andrew.
- [5] Godzimirski J. et. al. 1997. "Constructional Adhesive Joints of the Metal Elements in the Machine Construction". Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [6] Godzimirski J. 2003. "The Impact of the Constructional and Technological Impacts on the Adhesive Joints' Strength". *Przegląd Mechaniczny* (13): 18–22.
- [7] Łunarski J., W. Zielecki. 1994. "The Impact of the Geometrical Surface Structure on the Shear Strength of the Adhesive Joints". *Technologia i Automatykacji Montażu* (2): 13–16.
- [8] Patil, O.R., A. Ameli, N.V. Dalta. 2017. "Predicting environmental degradation of adhesive joints using a cohesive zone finite element model based on accelerated fracture tests". *International Journal of Adhesion and Adhesives* (76): 54–60.
- [9] Rudawska A., M. Arażna. 2017. "Strength and Deformability of the Selected Epoxy Compounds, including the Steel Sheets. Adhesive Joints in the Plant-Based Experimental Tests". *Przetwórstwo Tworzyw* (2): 134–143.
- [10] Rudawska A., P. Filipek, B. Kowalska. 2016. "Selected Issues of the Adhesive Epoxy Compounds' Modifications". *Przetwórstwo Tworzyw* (2): 91-49.
- [11] Rudawska A. 2017. "Surface preparation for the gluing proces". Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
- [12] Rudawska A., D. Nowicka, N. Cubonova. 2017. "Adhesive joints' strength". *Technologia i Automatykacja Montażu* (1): 43-47.
- [13] Rotella G. et. al. 2016. "Evaluation of mechanical and laser surface pre-treatments on the strength of adhesive bonded steel joints for automotive industry". *Journal of Adhesion Science and Technology* (30): 747–758.
- [14] Sykes J.M. 1982. "Surface treatment for steel, in: D.M. Brewis (Ed.), *Surface Analysis and Pretreatment of Plastics and Metals*". Applied Science Publishers, London, pp.153–74.
- [15] http://www.ciechzywiec.pl/files/katalogi/EPIDIAN_Ciech_Sarzyna.pdf
- [16] PN-EN 1465. Determination of tensile lap-shear strength of bonded assemblies.

dr hab. inż. Anna Rudawska – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: a.rudawska@pollub.pl

mgr inż. Izabela Miturska – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: i.miturska@pollub.pl

dr inż. Leszek Semotiuk – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: l.semotiuk@pollub.pl



70 lat
WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

34 TYTULY
118 000 PUBLIKACJI

on-line

WYGODNY DOSTĘP
DO ARTYKUŁÓW FACHOWYCH

on-line

WIRTUALNA CZYTEL尼亚

NA PORTALU INFORMACJI TECHNICZNEJ

www.sigma-not.pl



ABSTRACTS:**1. Synchronous AR assembly assistance and monitoring system based on ego-centric vision**

Authors: Xuyue Yin, Xiumin Fan, Wenmin Zhu, Rui Liui

Aiming at presenting an interaction-free assembly assistance tool, the purpose of this paper is to propose a synchronous augmented reality (AR) assembly assistance and monitoring system. The system monitors operator's hands activity and process completeness to recognize the assembly state, then display the AR contents contextually.

An assembly behavior recognition method is proposed based on gesture recognition. An assembly completeness inspection method is proposed based on SURF feature matching. Assembly state and AR display state are solved by a novel sequential hybrid AR display control strategy. A synchronous multi-channel AR view output strategy is proposed based on QR matrix decomposition.

A prototype system has been developed, and case study is performed on an industrial product. Experiments are performed to verify the feasibility, efficiency and recognition accuracy of the proposed methods.

The proposed system assists users to perform assembly tasks with automatic visual guidance and vision monitoring, avoiding distractions caused by redundant human-computer interactions.

All methods are integrated to work on only one head-worn device, making the proposed system portable and cheaper. The vision processing pipelines and the view output channels are reconfigurable for customization.

2. Discriminative bit selection hashing in RGB-D based object recognition for robot vision

Authors: Lin Feng, Yang Liu, Zan Li, Meng Zhang, Feilong Wang, Shenglan Liu

The purpose of this paper is to promote the efficiency of RGB-depth (RGB-D)-based object recognition in robot

vision and find discriminative binary representations for RGB-D based objects.

To promote the efficiency of RGB-D-based object recognition in robot vision, this paper applies hashing methods to RGB-D-based object recognition by utilizing the approximate nearest neighbors (ANN) to vote for the final result. To improve the object recognition accuracy in robot vision, an "Encoding+Selection" binary representation generation pattern is proposed. "Encoding+Selection" pattern can generate more discriminative binary representations for RGB-D-based objects. Moreover, label information is utilized to enhance the discrimination of each bit, which guarantees that the most discriminative bits can be selected.

The experiment results validate that the ANN-based voting recognition method is more efficient and effective compared to traditional recognition method in RGB-D-based object recognition for robot vision. Moreover, the effectiveness of the proposed bit selection method is also validated to be effective.

Hashing learning is applied to RGB-D-based object recognition, which significantly promotes the recognition efficiency for robot vision while maintaining high recognition accuracy. Besides, the "Encoding+Selection" pattern is utilized in the process of binary encoding, which effectively enhances the discrimination of binary representations for objects.

3. Robust task-space tracking for free-floating space manipulators by cerebellar model articulation controller

Authors: Liang Li, Ziyu Chen, Yaobing Wang, Xiaodong Zhang, Ningfei Wang

The purpose of this paper is to solve the tracking problem for free-floating space manipulators (FFSMs) in task space with parameter uncertainties and external disturbance.

Describing this extremely important issue at work, a new, original research methodology and an approach to effectively solve the problem were proposed.

In this paper, the novel cerebellar model articulation controller (CMAC) is designed with the feedback controller. More precisely, the parameter uncertainties in the FFSSM are considered for achieving the robustness.

By using the dynamically equivalent model, the CMAC can be designed and trained with the desired performance, such that the prescribed trajectory can be followed accordingly. The simulation results are presented for illustrating the validity of the derived results.

Based on the designed CMAC, the tracking error would be approaching zero by choosing appropriate quantization level in CMAC and the corresponding learning rules can be tuned online.

4. Solid riveting process optimization for the reduction of key point distortions caused by locating

Authors: Jun Ni, Wuxue Ding

This paper aims to provide a solid riveting process planning for the reduction of practical locating-related distortions.

Large-scale metrology firstly measures the determinative coordinates for the locating-deviated key points. Iterative finite element (FE) analyses then calculate the riveting-related key point distortions from every rivet upsetting directions (UDs) and assembly sequence. These key points on the actual assembly contour and relative FE nodes yield two virtual planes. Virtual plane manipulation adds the riveting distortions into the locating-deviated coordinates. Finally, optimal algorithm integrates the iterative FE analyses with virtual plane manipulation.

Case studies validate that the virtual plane manipulation coincides with the test well, and the proposed method has good compensation of practical locating distortion.

The optimized rivet UD may be set in a chaotic distribution, which may complicate the abundant riveting operations and the assembly appearance. Therefore, the use of automatic riveting systems can overcome the operational complexity, and the industrial design of rivet UD distribution will improve the assembly appearance.

The proposed method is the first to reduce the determinative locating distortion by a novel and efficient solid riveting process planning in detail, and the solid riveting process designed is conservative and accurate for practice.

5. Improved ant colony optimization algorithm and its application to solve pipe routing design

Authors: Lei Wu, Xue Tian, Hongyan Wang, Qi Liu, Wensheng Xiao

As a kind of NP-hard combinatorial optimization problem, pipe routing design (PRD) is applied widely in modern industries. In the offshore oil and gas industry, a semi-submersible production platform is an important equipment for oil exploitation and production. PRD is one of the most key parts of the design of semi-submersible platform. This study aims to present an improved ant colony algorithm (IACO) to address PRD for the oil and gas treatment system when designing a semi-submersible production platform.

First, to simplify PRD problem, a novel mathematical model is built according to real constraints and rules. Then, IACO, which combines modified heuristic function, mutation mechanism and dynamical parameter mechanism, is introduced.

Based on a set of specific instances, experiments are carried out, and the experimental results show that the performance of IACO is better than that of two variants of ACO, especially in terms of the convergence speed and swarm diversity. Finally, IACO is used to solve PRD for the oil and gas treatment system of semi-submersible production platform. The simulation results, which include nine pipe paths, demonstrate the practicality and high-efficiency of IACO.

The main contribution of this study is the development of method for solving PRD of a semi-submersible production platform based on the novel mathematical model and the proposed IACO.

6. Multi-objective multi-facility green manufacturing closed-loop supply chain under uncertain environment

Authors: Behzad Karimi, Amir Hossein Niknamfar, Babak Hassan Gavyar, Majid Barzegar, Ali Mohtashami

This paper aims to present a multi-objective multi-facility model of green closed-loop supply chain (GCLSC) under uncertain environment. In this model, the proposed GCLSC considers three classes in case of the leading chain and three classes in terms of the recursive chain. The objectives are to maximize the total profit of the GCLSC, satisfaction of demand, the satisfactions of the customers and getting to the proper cost of the consumers, distribution centers and recursive centers.

Then, this model is designed by considering several products under several periods regarding the recovery possibility of products. Finally, to evaluate the proposed model, several numerical examples are randomly designed and then solved using non-dominated sorting

genetic algorithm and non-dominated ranking genetic algorithm. Then, they are ranked by TOPSIS along with analytical hierarchy process so-called analytic hierarchy process-technique for order of preference by similarity to ideal solution (AHP-TOPSIS).

The results indicated that non-dominated ranked genetic algorithm (NRGA) algorithm outperforms non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II) algorithm in terms of computation times. However, in other metrics, any significant difference was not seen. At the end, to rank the algorithms, a multi-criterion decision technique was used. The obtained results of this method indicated that NSGA-II had better performance than ones obtained by NRGA.

7. Design and control of a climbing robot for inspection of high mast lighting

Authors: Peng Li, Xingguang Duan, Guangli Sun, Xiang Li, Yang Zhou, Yunhui Liu

This paper aims to develop a climbing robot to help people inspect lamps of high-mast lighting.

The robot consists of driving mechanism, suspension mechanism and compression mechanism. The driving mechanism is realized by link chains and sprockets, which are arranged opposite to each other, to form a dual caterpillar mechanism. The compression mechanism squeezes the caterpillar, and rubber feet "grasps" the steel rope to generate enough adhesion forces. The suspension mechanism is used to compensate the contraction or extension of the chains. The robot is equipped with a DC motor with a rated power of 250 W and a wireless module to communicate with the operator's console. The dynamic model of the robot and the control strategy is derived, and the stability of the controller is proofed.

The payload experiment shows the robot can afford up to 3.7 times payload versus its own weight. Even when the payload is 30 kg, the robot can maintain a speed of the 1 m/s. The experiments also show that the tracking error of the robot reaches zero.

The proposed moving mechanism has a high load/weight ratio, which is a verified solution for the cable inspection purpose.

8. An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China

Authors: Hao Liu, Zhong Yao, Li Zeng, Jing Luan

The purpose of this paper is to find out how the existing warehouse mode can be changed and to solve

the existing problems of warehouse management of Yonghui Superstores.

This research puts forward construction of warehouse center, which is based on radio frequency identification (RFID) and sensor technology, then designs the model for receiving, storage, operations management, distribution and outbound to solve the existing problems of warehouse management of Yonghui Superstores.

What technologies should be adopted to meet storage requirements? How to monitor the storage environment in real time and improve the operation and management level of the warehouse? This study found that building a warehouse center based on RFID and sensor technology was a good solution.

This paper has designed and discussed the warehouse center model based on RFID and sensor technology, which provides a few references for the actual investment and construction of a warehouse center. In addition, the warehouse center model has strong generalized applicability and could be widely used in various enterprises.

This study takes Yonghui Superstores as a case to analyze the problems of warehousing management in detail and then designs a warehouse center based on RFID and sensor technology. The study discusses the location and distribution, software and hardware selection, benefits evaluation, significances and return on investment, which makes the warehouse center model versatile, technically feasible and economically applicable.

9. Variation analysis driven by small-sample data for compliant aero-structure assembly

Authors: Biao Mei, Weidong Zhu, Yinglin Ke, Pengyu Zheng

This paper aims to propose a variation analysis method driven by small-sample data for compliant aero-structure assembly. Assembly variation analysis generally demands probability distributions of variation sources. However, due to small production volume in aircraft manufacturing, especially prototype manufacturing, the probability distributions are hard to obtain, and only the small-sample data of variation sources can be consulted.

First, a hybrid assembly variation model, integrating rigid effects with flexibility, is constructed based on the homogeneous transformation and elasticity mechanics. Then, the bootstrap approach is introduced to estimate a variation source based on small-sample data. The influences of bootstrap parameters on the estimation accuracy are analyzed to select suitable parameters for acceptable estimation performance. Finally, the process

of assembly variation analysis driven by small-sample data is demonstrated.

A variation analysis method driven by small-sample data, considering both rigid effects and flexibility, is proposed for aero-structure assembly. The method provides a good complement to traditional variation analysis methods based on probability distributions of variation sources.

With the proposed method, even if probability distribution information of variation sources cannot be obtained, accurate estimation of the assembly variation could be achieved. The method is well suited for aircraft assembly, especially in the stage of prototype manufacturing.

10. A multiple rule-based genetic algorithm for cost-oriented stochastic assembly line balancing problem

Authors: Ahad Foroughi Hadi Gökçen

This research aims to address the cost-oriented stochastic assembly line balancing problem (ALBP) and propose a chance-constrained programming model.

The cost-oriented stochastic ALBP is solved for small- to medium-sized problems. Owing to the non-deterministic polynomial-time (NP)-hardness problem, a multiple rule-based genetic algorithm (GA) is proposed for large-scale problems.

The experimental results show that the proposed GA has superior performance and efficiency compared to the global optimum solutions obtained by the IBM ILOG CPLEX optimization software.

To the best of the authors' knowledge, only one study has discussed the cost-oriented stochastic ALBP using the new concept of cost. Owing to the NP-hard nature of the problem, it was necessary to develop a heuristic or meta-heuristic algorithm for large data sets; this research paper contributes to filling this gap.

11. A hybrid artificial fish swam algorithm for disassembly sequence planning considering setup time

Authors: Jun Guo, Jingcheng Zhong, Yibing Li, Baigang Du, Shunsheng Guo

To improve the efficiency of end-of-life product's disassembly process, this paper aims to propose a disassembly sequence planning (DSP) method to reduce additional efforts of removing parts when considering the changes of disassembly directions and tools.

The methodology has three parts. First, a disassembly hybrid graph model (DHGM) was adopted to represent disassembly operations and their precedence relations. After representing the problem as DHGM, a new integer programming model was suggested for the objective of minimizing the total disassembly time. The objective takes into account several criteria such as disassembly tools change and the change of disassembly directions. Finally, a novel hybrid approach with a chaotic mapping-based hybrid algorithm of artificial fish swarm algorithm (AFSA) and genetic algorithm (GA) was developed to find an optimal or near-optimal disassembly sequence.

Numerical experiment with case study on end-of-life product disassembly planning has been carried out to demonstrate the effectiveness of the designed criteria and the results exhibited that the developed algorithm performs better than other relevant algorithms.

More complex case studies for DSP problems will be introduced. The performance of the CAAFG algorithm can be enhanced by improving the design of AFSA and GA by combining them with other search techniques.

12. A new type of inner-side working head for automatic drilling and riveting system

Authors: Junxia Jiang, Chen Bian, Yunbo Bi, Yinglin Ke

The purpose of this paper is to design, analyze and optimize a new type of inner-side working head for automatic horizontal dual-machine cooperative drilling and riveting system. The inner-side working head is the key component of automatic drilling and riveting system, and it is a challenge to design an inner-side working head which must be stiffness and stable with a compact structure to realize its functions.

According to the assembly structure features of large aircraft panels and riveting process requirements, a new type of inner-side working head is designed for pressure riveting. The force condition of the inner-side working head during the riveting process is analyzed and the deformation model is established. Design optimization is performed based on genetic algorithm and finite element analysis. The optimized inner-side working head is tested with automatic horizontal dual-machine cooperative drilling and riveting system.

The deformation model provides the precision compensation basis for control system. Application test results show that the automatic drilling and riveting system can realize assembly of large aircraft panel with high efficiency and quality through the inner-side working head.

13. An improved hybrid flower pollination algorithm for assembly sequence optimization

Authors: Atul Mishra, Sankha Deb

Assembly sequence optimization is a difficult combinatorial optimization problem having to simultaneously satisfy various feasibility constraints and optimization criteria. Applications of evolutionary algorithms have shown a lot of promise in terms of lower computational cost and time. But there remain challenges like achieving global optimum in least number of iterations with fast convergence speed, robustness/consistency in finding global optimum, etc. With the above challenges in mind, this study aims to propose an improved flower pollination algorithm (FPA) and hybrid genetic algorithm (GA)-FPA.

In view of slower convergence rate and more computational time required by the previous discrete FPA, this paper presents an improved hybrid FPA with different representation scheme, initial population generation strategy and modifications in local and global pollination rules. Different optimization objectives are considered like direction changes, tool changes, assembly stability, base component location and feasibility. The parameter settings of hybrid GA-FPA are also discussed.

The results, when compared with previous discrete FPA and GA, memetic algorithm (MA), harmony search and improved FPA (IFPA), the proposed hybrid GA-FPA gives promising results with respect to higher global best fitness and higher average fitness, faster convergence (especially from the previously developed variant of FPA) and most importantly improved robustness/consistency in generating global optimum solutions.

It is anticipated that using the proposed approach, assembly sequence planning can be accomplished efficiently and consistently with reduced lead time for process planning, making it cost-effective for industrial applications.

14. An approach to generating the sequence of part variant design based on information transfer utility

Authors: Xinsheng Xu, Jing Lin, Ying Xiao, Jianzhe Yu, Qing Liu, Jie Geng

Product variant design can only be achieved after all its constituent parts have been implemented by variant design. It is necessary to plan the sequence of part variant design reasonably. The product variant design process involves a large amount of information transfer events at the dimensional level. A reasonable product variant design process needs to make full use of the information transfer characters of parts to decrease the uncertainty of product variant design process. The existing methods of researching the product variant design process mainly focus on resource constraint and activity logic. They are

deficient, however, in information transfer resolution and uncertainty management. This paper aims to address these issues.

This paper identifies the number of dimension transfer paths and the position of dimension locating within a transfer path as being the key factors affecting the information transfer role of dimension. Information transfer utility is proposed to measure the information transfer capability of dimensions and parts. Based on these, a two-stage approach of generating the sequence of part variant design based on information transfer utility is proposed.

The uncertainty of dimension constraint network is minimal during the product variant design process when parts are implemented by variant design under the sequence generated through a two-stage method based on the information transfer utilities of parts, as does the times of parameter transferring and iteration in dimension constraint network.

15. Distributed adaptive fuzzy tracking algorithms for multiple uncertain mechanical systems

Authors: Yanchao Sun, Liangliang Chen, Hongde Qin

This paper aims to investigate the distributed coordinated fuzzy tracking problems for multiple mechanical systems with nonlinear model uncertainties under a directed communication topology.

The dynamic leader case is considered while only a subset of the follower mechanical systems can obtain the leader information. First, this paper approximates the system uncertainties with finite fuzzy rules and proposes a distributed adaptive tracking control scheme. Then, this paper makes a detailed classification of the system uncertainties and uses different fuzzy systems to approximate different kinds of uncertainties. Further, an improved distributed tracking strategy is proposed. Closed-loop systems are investigated using graph theory and Lyapunov theory. Numerical simulations are performed to verify the effectiveness of the proposed methods.

Compared with most existing literature, the proposed distributed tracking algorithms use fuzzy control and adaptive control techniques to cope with system nonlinear uncertainties of multiple mechanical systems. Moreover, the improved control strategy not only reduces fuzzy rules but also has higher control accuracy.

The uncertainty of dimension constraint network is minimal during the product variant design process when parts are implemented by variant design under the sequence generated through a two-stage method based on the information transfer utilities of parts, as does the

times of parameter transferring and iteration in dimension constraint network.

16. A hybrid conjugated method for assembly sequence generation and explode view generation

Authors: M.V.A. Raju Bahubalendruni, Anil Gulivindala, Manish Kumar, Bibhuti Bhusan Biswal, Lakshumu Naidu Annepu

The purpose of this paper is to develop an efficient hybrid method that can collectively address assembly sequence generation (ASG) and exploded view generation (EVG) problem effectively. ASG is an act of finding feasible collision free movement of components of a mechanical product in accordance with the assembly design. Although the execution of ASG is complex and time-consuming in calculation, it is highly essential for efficient manufacturing process.

In this paper, a unique ASG method has been proposed and is further extended for EVG. The ASG follows a deterministic approach to avoid redundant data collection and calculation. The proposed method is effectively applied on products which require such feasible paths of disassembly other than canonical directions.

The method is capable of organizing the assembly operations as linear or parallel progression of assembly such that the assembly task is completed in minimum number of stages. This result is further taken for EVG and is found to be proven effective.

Assembly sequence planning (ASP) is performed most of the times considering the geometric feasibility along canonical axes without considering parallel possibility of assembly operations. In this paper, the proposed method is robust to address this issue.

Exploded view generation considering feasible ASP is also one of the novel approaches illustrated in this paper.

17. Modeling deviation propagation of compliant assembly considering form defects based on basic deviation fields

Authors: Yunyong Li, Yong Zhao, Haidong Yu, Xinmin Lai

A new deviation propagation model considering the form defects in compliant assembly process is proposed. The purpose of this paper is to analyze the deviation propagation by using the basic deviation fields. In particular, each basic deviation field is defined with a generalized compliance matrix of part.

First, the form defects of parts may be decomposed into a linear combination of basic deviation fields, which are constructed by the eigen-decomposition of the structure stiffness of parts with ideal dimensions. Each basic deviation field is defined with a generalized compliance of part. Moreover, by analyzing the relationship between the basic deviation fields before and after assembling process, a new sensitive matrix is obtained in which each value expresses the correlation of a basic deviation field between the parts and the assembly.

This model may solve the deviation propagation problems of compliant assembly with considering form defects. Here, one case is used to illustrate the deviation propagation in the assembly process. The results indicate that the proposed method has higher accuracy than the method of influence coefficient when the entire deviation fields of parts are considered. Moreover, the numerical results with the proposed method basically agree with the experimental measurements.

A może nad morze

KRYNICA MORSKA

Zapraszamy od czerwca
Zaplanuj swój urlop już dziś
do Naszego ośrodka w KRYNICY MORSKIEJ
www.dpt-krynica-morska.pl rezerwacja@dpt-krynica-morska.pl

WIRTUALNA CZYTEL尼亚

NA PORTALU INFORMACJI TECHNICZNEJ

www.sigma-not.pl



również na urządzenia mobilne

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

więcej informacji:

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

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

PRASA FACHOWA

SIGMA-NOT

www.sigma-not.pl



WIEDZA TWOJĄ PRZEWAGĄ

reklama@sigma-not.pl
22 827 43 65

www.sigma-not.pl



/ **sigmanot**

70 lat

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT



/ **sigmanot**

www.sigma-not.pl

prenumerata@sigma-not.pl
22 840 35 89