

WYBRANE ASPEKTY PROCESU MONTAŻU AUTOBUSÓW Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII KLEJENIA

The selected aspects of bus assembly process with using bonding technology

Dariusz KASPEREK, Anna RUDAWSKA

Streszczenie: W procesie montażu autobusów wykorzystywane są połączenia rozłączne i nierozłączne. Oprócz połączeń spawanych, gwintowych, kształtowych i nitowych, w wielu operacjach stosowana jest technologia klejenia. Połączenia klejowe znajdują zastosowanie w różnych etapach montażu autobusów, począwszy od klejenia dachu, przez wklejanie szyb do ramy stalowej oraz blach bocznych, aż do klejenia różnorodnych elementów wyposażenia autobusów, także elementów wykończeniowych. Często połączenia klejowe stosowane są łącznie z innymi rodzajami połączeń, np. nitowanymi, wykorzystując efekt synergii obu rodzajów połączeń. W konstrukcji autobusu kleje spełniają także rolę uszczelniającą, co jest niezwykle istotne podczas eksploatacji autobusów w różnych warunkach atmosferycznych. Wiele zalet połączeń klejowych przyczynia się do ich wykorzystywania w procesach montażu. Podczas budowy różnorodnych konstrukcji, za pomocą klejenia łączy się niekiedy materiały różniące się właściwościami mechanicznymi i fizyko-chemicznymi, co jest niemożliwe do wykonania za pomocą innych metod łączenia. Jednak podczas opracowywania procesu technologicznego montażu z wykorzystaniem połączeń klejowych należy uwzględnić także niekorzystne cechy, czy też ograniczenia tej metody montażu. Z tego względu konieczna jest szczegółowa analiza wszystkich czynników wpływających na proces klejenia, aby poprawnie opracować i wykonać proces montażu z użyciem połączeń klejowych.

Słowa kluczowe: montaż, połączenia klejowe, autobus

Abstract: During the assembly the bus temporary and permanent fastening joints are used. Besides of welded, screw and rivet joints, bonded technology was used in many operations. In various stages of assembly of buses adhesive joints are used for example during bonding the roof, bonding the glass to the steel frame, bonding of various pieces of equipment buses, as finishing elements. Often, adhesive joints are used with other types of joints, for example rivet joints, using the synergism of both types of joints. In the bus construction the adhesives also play sealing role, which is extremely important during the operation of buses in different weather conditions. Many of the advantages of adhesive joints contribute to their use in the assembly process. The bonding process was used to joining the materials of different mechanical and physico-chemical properties. Sometimes this joining is not feasible by other joining methods. However, during designing the assembly process with using the bonding technology, the disadvantages or limitations of this type of joining method should be considered. Due to these limitations a detailed analysis of all the factors affecting the bonding process is necessary in order to properly prepare and perform the assembly process using adhesive joints.

Keywords: assembly, adhesive joints, bus

Wprowadzenie

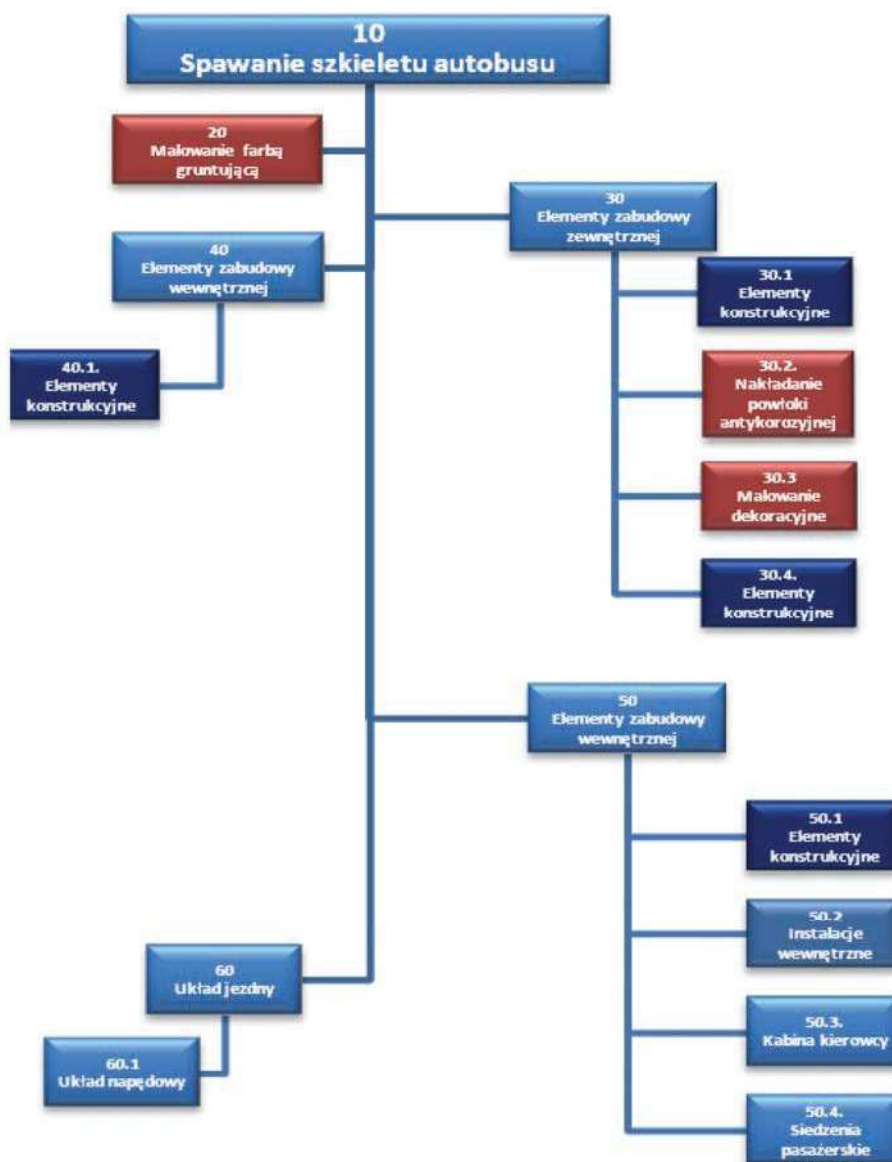
Proces montażu obejmuje wiele różnorodnych operacji, których celem jest połączenie elementów w określone jednostki lub zespoły montażowe, tworząc maszyny lub urządzenia, spełniające założone wymagania funkcjonalne oraz wymiarowo-kształtowe [4]. Montaż jednostek lub całych konstrukcji realizowany jest za pomocą różnego rodzaju połączeń (rozłącznych i nierozłącznych). Opracowanie procesu montażu wymaga analizy właściwości poszczególnych rodzajów połączeń oraz wielu czynników wpływających na możliwości ich zastosowania w danej konstrukcji i warunkach warsztatowych. Jednym z rodzajów połączeń wykorzystywanych w montażu autobusów są połączenia klejowe [1, 2]. Spełniają one nie tylko funkcję łączącą (możliwość rozpatrywania połączenia jako elementu konstrukcyjnego przenoszącego obciążenia zewnętrzne), ale również funkcję uszczelniającą i usztywniającą niektóre elementy konstrukcyjne pojazdu [2, 3]. Zalety połączeń klejowych (oraz technologii klejenia) przyczyniają się do ich znacznego wykorzystania

w budowie autobusów, choć należy mieć na uwadze także wady tych połączeń, bądź pewne ograniczenia w ich użyciu [4, 6, 7].

W pracy przedstawiono wybrane zagadnienia zastosowania procesu klejenia podczas montażu autobusów. Przedstawiono ogólny proces montażu autobusów oraz informacje na temat wykorzystania połączeń klejowych w wybranych operacjach montażowych, wskazując także na konieczność analizy różnych czynników (materiałowych, technologicznych, konstrukcyjnych oraz eksploatacyjnych), wpływających na proces wykonywania tego rodzaju połączeń montażowych.

Charakterystyka procesu montażu autobusów

Proces montażu autobusów obejmuje szereg operacji montażowych, w których wykonywane są różne rodzaje połączeń, z wykorzystaniem odpowiedniego oprzyrządowania oraz metod montażu. Na rys. 1 przedstawiono główne operacje procesu montażu autobusów, zaznaczając operacje montażowe (operacja 30.1, 30.4, 40.1 oraz



Rys. 1. Ogólny schemat procesu montażu autobusów
 Fig. 1. The general scheme of the bus assembly process

50.1), w których stosowane są połączenia klejowe oraz inne połączenia adhezyjne (operacja 20, 30.2 oraz 30.3), wykorzystujące takie materiały adhezyjne jak: uszczelniacze, primery oraz farby.

Proces montażu autobusów rozpoczyna się od podstawowej operacji, jaką jest wykonanie szkieletu autobusu z zastosowaniem technologii spawania oraz specjalnego oprzyrządowania ustalającego, po której odbywa się malowanie szkieletu. Następnie wykonywany jest montaż elementów zabudowy zewnętrznej (rys. 2) i wewnętrznej, z podziałem na poszczególne operacje. W dalszej kolejności następuje montaż układu jezdnego, a w późniejszym etapie układu napędowego. Elementy zabudowy wewnętrznej obejmują zarówno montaż różnych elementów konstrukcyjnych (rys. 3), jak i operację montażu instalacji wewnętrznych (elektrycznych, hydraulicznych oraz pneumatycznych), elementów będących

wyposażeniem kabiny kierowcy oraz siedzeń pasażerskich.

W dalszej części pracy przedstawiono przykłady stosowania technologii klejenia w operacjach procesu montażu autobusów, a także wykorzystania innych materiałów adhezyjnych (np. podczas procesu malowania).

Opis wybranych operacji montażowych

Montaż elementów zabudowy zewnętrznej

W tej operacji następuje montaż części elementów zabudowy zewnętrznej z wykorzystaniem klejów poliuretanowych, wśród których najważniejszymi elementami są, ściany przednie i tylne oraz ściany boczne (operacja 30.1), a także szyby przednie i tylne oraz boczne (operacja 30.2), co zobrazowano na rys. 2.



Rys. 2. Operacja montażu elementów zabudowy zewnętrznej: a, b) elementy montowane w operacji montażowej nr 30, c) widok ściany bocznej, d) widok szyby przedniej
 Fig. 2. Assembly operation of external elements: a, b) elements assembled in no. 30 assembly operation, c) side wall view, d) view of the windscreen

Po wykonaniu elementów podstawowych, takich jak: dach, ściany przednie i tylne oraz ściany boczne, często przeprowadza się operację malowania dekoracyjnego, po której następuje dalszy montaż różnego typu elementów, np. szyb. Należy wspomnieć, że po procesie montażu elementów podstawowych, w późniejszym czasie występuje montaż końcowy niektórych elementów konstrukcyjnych, m.in.: drzwi i pokryw rewizyjnych, do wykonania których także znajdują zastosowanie kleje i uszczelniacze, wyprodukowane przede wszystkim na bazie poliuretanów.

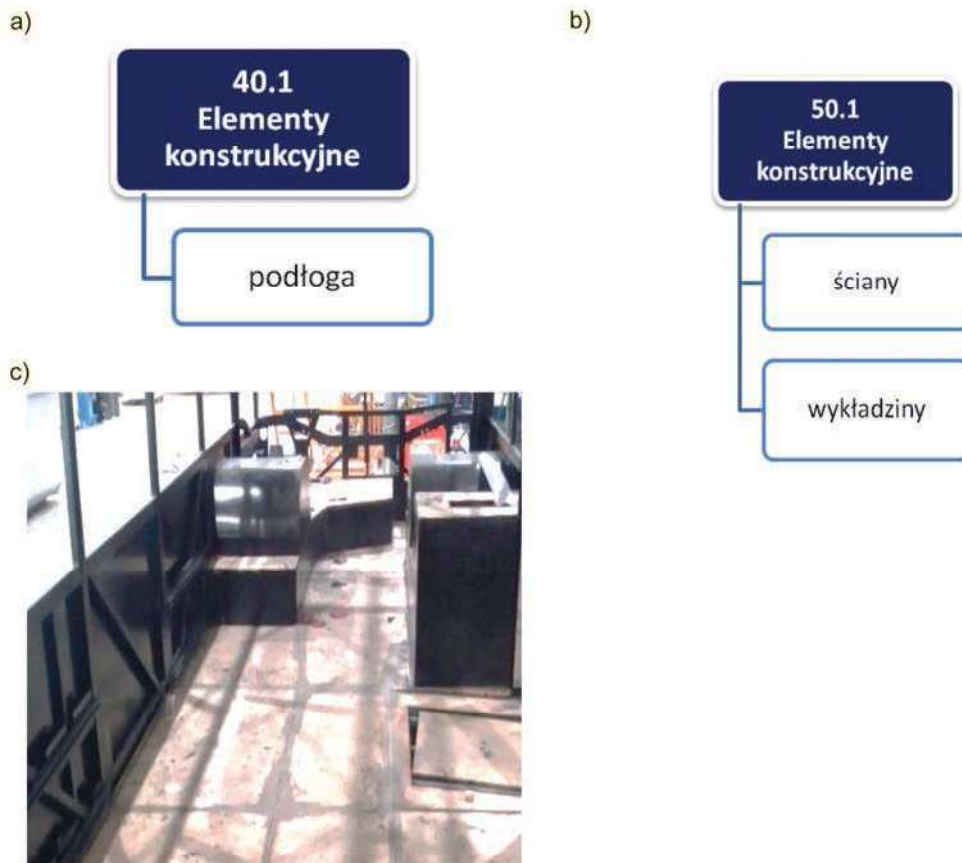
Montaż elementów zabudowy wewnętrznej

Operacja montażu elementów zabudowy wewnętrznej dotyczy przede wszystkim montażu podłogi, ścian bocznych oraz sufitu do konstrukcji szkieletowej autobusu wykonanej metodą spawania. Na rys. 3 przedstawiono rodzaje łączonych elementów metodą klejenia

oraz przykład jednego z elementów konstrukcyjnych autobusu.

Niektóre elementy zabudowy wewnętrznej (podłoga – operacja 40.1) często są wykonywane równoległe z elementami zabudowy zewnętrznej (operacja 30.1). Pozostałe elementy są montowane po wykonaniu wszystkich elementów zewnętrznych. Po przygotowaniu pełnej zabudowy konstrukcyjnej realizuje się montaż elementów funkcjonalnych autobusu, takich jak: poręcze, system informacji pasażerskiej, kasowniki itp.

Na tym etapie montażu wykorzystywane są także różnego rodzaju materiały adhezyjne w postaci klejów oraz uszczelniaczy, a w procesach przygotowania powierzchni do klejenia stosuje się środki proadhezyjne (primery), zwiększające przyczepność powierzchni łączonych materiałów do kleju [8]. Stosowane są primery, mające różną bazę chemiczną, zależnie od rodzaju podłoża (właściwości materiałów) oraz kleju. W tym przypadku są to primery



Rys. 3. Elementy zabudowy wewnętrznej: a), b) rodzaje elementów zabudowy wewnętrznej łączonych za pomocą klejenia, c) widok podłogi

Fig. 3. Internal elements: a), b) types of internal building elements joining by bonding, c) floor view

oparte głównie na tytanianach, żywicach epoksydowych, poliuretanach i innych związkach chemicznych [4, 5].

Malowanie zabudowy zewnętrznej

Malowanie zabudowy zewnętrznej jest kolejną operacją montażową wykonywaną po procesie montażu większości ścian oraz szyb. Wykonywane jest na specjalnym stanowisku, w kabinie lakierniczej, zgodnie z przyjętą technologią, którą może być malowanie kataforetyczne. Stanowisko oraz jego wyposażenie jest dostosowane do przeprowadzenia procesu malowania konstrukcji wielkogabarytowych.

Podczas malowania istotne jest zabezpieczenie tych elementów, które nie wymagają nakładania powłoki malarskiej (rys. 4). Po przeprowadzeniu tej operacji otrzymuje się połączenia adhezyjne, które tworzą: podłoże blachy ze stopu aluminium, podkład epoksydowy oraz farba poliuretanowa.

Czynniki wpływające na proces montażu z wykorzystaniem klejów i innych materiałów adhezyjnych

Podczas wykonywania połączeń klejowych należy uwzględnić wiele czynników wpływających zarówno na proces montażu, jak i technologię klejenia. Wynika to

m.in. z tego, że autobus jest konstrukcją wielkogabarytową, co skutkuje koniecznością opracowania poszczególnych operacji klejenia z uwzględnieniem tego aspektu. Ponadto niezwykle istotne są zagadnienia związane z uzyskaniem poprawności i powtarzalności wymiarowo-kształtowej, co także wymusza zastosowanie odpowiednich procedur montażowych, zwłaszcza w produkcji jednostkowej. Wśród czynników wpływających na montaż



Rys. 4. Widok autobusu przeznaczonego do malowania z zabezpieczonymi powierzchniami

Fig. 4. View of the bus intended for painting with protected surfaces

wybranych elementów konstrukcyjnych z zastosowaniem technologii klejenia należy wymienić [1, 3, 4, 7]:

- rodzaj łączonych materiałów – związany z różnorodnymi właściwościami materiału, który wpływa m.in. na dobór sposobu przygotowania powierzchni do klejenia, w tym konieczność zastosowania primera (środką zwiększającego adhezję pomiędzy materiałem a klejem), a także dobór rodzaju kleju,
- rodzaj wykonywanych połączeń, z uwzględnieniem połączeń jednoimiennych oraz różnoimiennych,
- kształt i wymiary łączonych elementów,
- położenie łączonych elementów w konstrukcji – w przypadku montażu autobusów występuje wiele powierzchni usytuowanych pionowo, co powoduje konieczność stosowania klejów o odpowiedniej lepkości, systemów ich nakładania, a także specjalnego oprzyrządowania,
- sposób przygotowania powierzchni, który jest zależny nie tylko od rodzaju materiału, ale także od kształtu, wymiarów, położenia łączonych elementów w konstrukcji. Wymienione czynniki wpływają na dobór metod obróbki powierzchni łączonych elementów, ich parametrów technologicznych, czynników roboczych oraz stosowanie określonego oprzyrządowania,
- rodzaj, postać i właściwości kleju – ważny jest czas życia kleju, warunki (np. temperatura i wilgotność) i mechanizm utwardzania. Odpowiednia lepkość kleju pozwala na jego aplikację na powierzchni pionowe, ale także wymusza sposób nakładania kleju. Odpowiedni czas życia kleju pozwala na ustalenie i złożenie łączonych elementów bez naruszenia wiązań adhezyjnych (przed procesem zestalania kleju),
- oprzyrządowanie technologiczne – umożliwiające aplikację kleju na łączone powierzchnie o znacznych wymiarach gabarytowych i określonym kształcie, wywierające docisk konieczny do uzyskania określonej grubości spoiny klejowej na całej długości połączenia,
- rodzaj produkcji – warunkuje i wpływa na koszt zarówno poszczególnych operacji montażowych, jak i na koszt całego procesu montażu, a związany jest przede wszystkim z oprzyrządowaniem dostosowanym do konstrukcji wielkogabarytowej.

Ponadto istotnym elementem są warunki wykonywania poszczególnych operacji montażowych (w przypadku klejenia ważna jest temperatura i wilgotność, ze względu na mechanizm utwardzania klejów poliuretanowych), a także wyposażenie stanowisk montażowych.

Zalety i ograniczenia technologii klejenia

Wśród zalet technologii klejenia, stosowanej w procesie montażu autobusów, można wymienić m.in. [4, 6]:

- możliwość łączenia różnych rodzajów materiałów (np. drewno-kompozyt, szkło-stal),
- uzyskanie połączenia elastycznego, umożliwiającego dostosowanie się do zmiany wymiarów elementów

pod wpływem różnych warunków atmosferycznych (na skutek zmiennych współczynników rozszerzalności cieplnej),

- możliwość kompensowania błędów kształtu i nierówności powierzchni klejonych podczas łączenia,
- uzyskanie dużej szczelności połączeń, co jest niezwykle istotne podczas eksploatacji w różnych warunkach atmosferycznych, także w warunkach szoków termicznych,
- odporność na działanie promieniowania UV (sprzyjające procesowi starzenia się tworzyw polimerowych),
- właściwości tłumiące drgania, co jest szczególnie ważne w pojazdach samochodowych, ponieważ dzięki zastosowaniu połączeń klejowych, ogranicza się hałas i zmniejsza wibracje podczas poruszania się pojazdu,
- zwiększenie sztywności konstrukcji,
- duża dostępność klejów do różnego rodzaju zastosowań,
- duża różnorodność klejów, pozwalających na ich wybór nie tylko ze względu na właściwości łączonych materiałów, ale także ze względu na warunki montażowe.

Jednak proces klejenia ma pewne ograniczenia, do którego zalicza się przede wszystkim [1, 3, 5]:

- konieczność przeprowadzenia procesu klejenia w pozycji pionowej – dotyczy to wspomnianych wcześniej powierzchni pionowych (m.in. ścian i szyb bocznych), a także powierzchni krzywoliniowych. Ponieważ takie usytuowanie przestrzenne łączonych elementów powoduje pewne trudności w wykonaniu połączeń, wymaga stosowania klejów o odpowiedniej lepkości, określonego czasu i warunków utwardzania oraz stosowania właściwego oprzyrządowania,
- konieczność zastosowania odpowiednich przyrządów montażowych podczas łączenia szyb, ze względu na kruchość materiału.
- utrzymanie właściwej temperatury i wilgotności, ze względu na sposób utwardzania klejów poliuretanowych, które utwardzają się pod wpływem wilgoci znajdującej się w powietrzu.

Przedstawione zalety i wady technologii klejenia (a także połączeń klejowych) dotyczą przede wszystkim wybranych operacji montażowych, w których wykonywane są połączenia klejowe.

Podsumowanie

Połączenia klejowe ze względu na swoje liczne zalety często wykorzystywane są w procesie montażu autobusów, spełniając nie tylko funkcję łączącą, lecz także uszczelniającą, co jest niezwykle ważne w tego typu konstrukcjach, narażonych na działanie różnych czynników zewnętrznych (ciecze, gazy). Jednak podczas procesu montażu należy uwzględnić wiele czynników wpływających na proces wykonywania tego

typu połączeń. Istotnym elementem, który przyczynia się do wyboru określonych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych połączeń klejowych są wymiary geometryczne łączonych elementów, które w przypadku autobusów są znaczne. Wiąże się to zarówno z zastosowaniem odpowiedniej technologii klejenia (uwzględniającej wszystkie jej etapy), jak i utrzymaniem reżimu technologicznego montażu. Istotnym elementem jest także uzyskanie poprawności wykonania poszczególnych zespołów montażowych, spełniających określone wymagania (np. wymiarowo-kształtowe) oraz zapewnienie szczelności. Związane jest to m.in. z utrzymaniem jednakowych warunków wykonywania połączeń, co powoduje konieczność stałego monitoringu wykonywania operacji montażowych oraz ewentualnie wskazanie newralgicznych miejsc konstrukcji oraz etapów procesów montażu. Ważne wydaje się także podejmowanie działań dotyczących doskonalenia technologii operacji montażowych, w tym także połączeń klejowych.

LITERATURA

- [1] Adams R.D., J. Comyn, W.C. Wake. 1997. "Structural Adhesive Joints in Engineering Book". 2nd edition, United Kingdom, Springer.
- [2] Bugaj T. 2008. „Wybrane aspekty technologii klejenia w produkcji autobusów”. *Przegląd Spawalnictwa* (8): 44–45.
- [3] Czaplicki J. i in. 1987. „Klejenie tworzyw konstrukcyjnych”. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- [4] Godzimirski J. i in. 1997. „Konstrukcyjne połączenia klejowe elementów metalowych w budowie maszyn”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [5] Karty techniczne produktów Sika http://pol.sika.com/pl/solutions_products/dokumentacja/Karty.html, dostęp 24.01.2017.
- [6] Piekarczyk M. 2012. „Zastosowanie połączeń klejonych w konstrukcjach metalowych”. *Czasopismo techniczne. Budownictwo. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 1-B*, 99–137.
- [7] Rudawska A. 2005. „Dobór rodzaju kleju w aspekcie wytrzymałości połączeń klejowych blach ocynkowanych”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (1): 28–31.
- [8] Rudawska A., E. Bociąga, E. Olewnik-Kruszkowska. 2017. “The effect of primers on adhesive properties and strength of adhesive joints made with polyurethane adhesives”. *Journal of Adhesion Science and Technology* (31): 327–344.

mgr inż. Dariusz Kasperek – URSUS BUS S.A, ul. Frezerów 7a, 20-209 Lublin, wykładowca Politechniki Lubelskiej, e-mail: dariusz.kasperek@ursus.com

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