

ZASTOSOWANIE KLEJENIA W BUDOWIE AUTOBUSÓW

The bonding technology application in busses construction

Dariusz KASPEREK, Anna RUDAWSKA

Streszczenie: Połączenia klejowe są jednym z rodzajów połączeń montażowych stosowanych podczas procesu montażu autobusów, oprócz połączeń spawanych, nitowanych oraz śrubowych. W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia dotyczące zastosowania technologii klejenia w budowie autobusów. Wskazano na rodzaje materiałów łączonych za pomocą klejenia, nie tylko połączeń takich samych materiałów, ale także różnoimiennych. Zastosowanie klejenia dotyczy zarówno łączenia różnych elementów wyposażenia autobusów (elementów wewnętrznych), jak i wielu elementów konstrukcyjnych, będących podstawowymi elementami konstrukcji autobusu. Istotnym aspektem procesu klejenia jest rodzaj klejów i innych materiałów adhezyjnych wykorzystywanych w budowie autobusów, gdyż w zależności od wymagań, właściwości, rodzaju łączonych materiałów i innych czynników, stosowane są kleje o określonych właściwościach. W pracy przedstawiono przykładowe wykorzystanie klejenia w budowie autobusów, rodzaje łączonych materiałów oraz rodzaje i pożądane właściwości materiałów adhezyjnych.

Słowa kluczowe: technologia klejenia, połączenie klejowe, klej, autobus

Abstract: Adhesive joints are one of the types of joints used during the assembly process of assembling buses, in addition to welded, riveted and bolted joints. This paper presents issues concerning the application of adhesive technology in the construction of buses. The types of joining materials not only the same materials, but also dissimilar were indicated. The use of bonding applies not only to joining the different elements of equipment buses (internal components), but also a number of structural elements, which are essential elements of the construction of the bus. An important aspect of the bonding process is the type of adhesive and other adhesive materials. Depending on the requirements, performance, type of adherends, and other factors the various types of adhesives were used. The paper presents an example of the use of bonding in the buses construction, the types of adherends and the type and recommended properties of adhesive materials.

Keywords: bonding technology, adhesive joint, adhesive, bus

Wprowadzenie

Technologia klejenia znajduje zastosowanie w różnych branżach przemysłu, takich jak: lotnictwo, budownictwo, przemysł maszynowy oraz samochodowy [1, 4]. Głównymi zaletami procesu klejenia jest w wielu przypadkach wysoka wytrzymałość połączeń klejowych, mała masa klejonych konstrukcji, brak korozji elektrochemicznej, a także niewielki koszt jednostkowy wytworzenia połączenia [7]. Ten sposób łączenia pozwala również na wyeliminowanie z konstrukcji wielu drobnych części, takich jak: nity lub śruby, co z kolei pozwala na obniżenie kosztów produkcji. Wykorzystanie kleju niesie także ze sobą względy estetyczne, gdyż podczas wykonywania spoin klejowych nie tworzą się np. szwy obniżające estetykę wyrobu [2, 5].

Dzięki szerokiemu rozwojowi wiedzy w zakresie stosowania klejów do łączenia tworzyw polimerowych, rozwinął się także sam zakres ich stosowania [1, 3, 4]. Technika łączenia, jaką jest klejenie, pozwala na wytwarzanie obwodów drukowanych z folii metalowej i podłoża z tworzywa polimerowego, laminowanie papieru i drewna tworzywami polimerowymi, łączenie bardzo małych elementów, a także budowę odpornych na korozję wykładzin zbiorników z drewna, betonu lub metali. Istotnym aspektem stosowania klejenia jest łączenie elementów o dużych rozmiarach, zwłaszcza w konstrukcjach wielkogabarytowych, gdyż często pewne elementy

konstrukcji można przyłączyć jedynie tą metodą. Jest ona też niezawodna przy wykonywaniu elementów od których wymagana jest szczelność, takich jak zbiorniki na ciecze lub gazy [4]. Ważną zaletą klejenia jest też to, że podczas wykonywania połączeń klejowych, w wielu przypadkach nie następuje ingerencja w strukturę powierzchni łączonych materiałów.

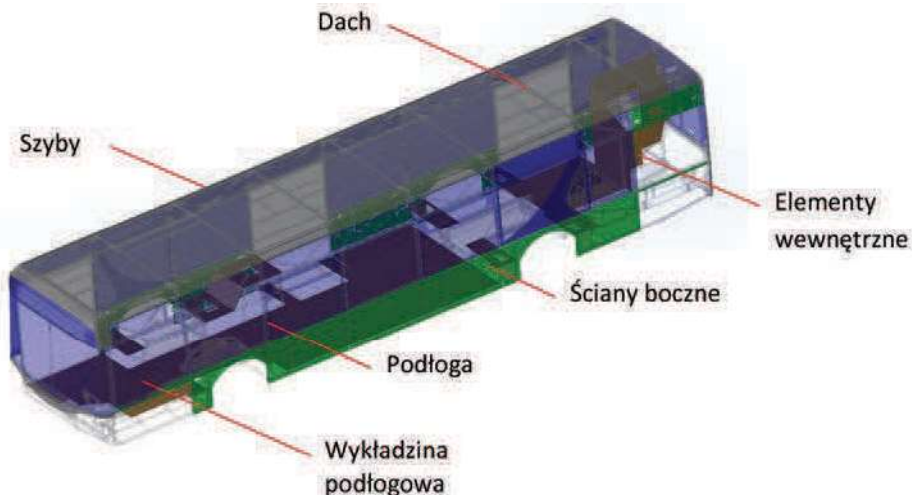
Interesującym zagadnieniem jest wykorzystanie technologii klejenia w motoryzacji [2, 6, 9], w tym podczas produkcji autobusów [2]. Połączenia klejowe są jednym z rodzajów połączeń montażowych stosowanych podczas produkcji autobusów, oprócz połączeń spawanych, nitowanych oraz śrubowych. Klejenie i uszczelnianie w samochodzie jest podstawową metodą, bez której niemożliwe byłoby wykonanie wielu elementów. Technologia ta stosowana jest do łączenia elementów poszycia nadwozia, do klejenia elementów z tworzyw polimerowych i materiałów metalowych, a także do wklejania szyb samochodowych [2, 9]. Klejenie jest także stosowane przy montażu i naprawach silników, skrzyń biegów i układów zawieszenia. Proces ten jest ściśle związany z uszczelnianiem, bowiem każdy klej może pełnić również rolę uszczelniacza [1, 4].

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane zagadnienia, dotyczące zastosowania technologii klejenia w budowie autobusów, wskazując na zastosowanie klejów do łączenia różnych elementów konstrukcyjnych oraz ich właściwości, rodzaje połączeń, a także na rodzaje łączonych materiałów.

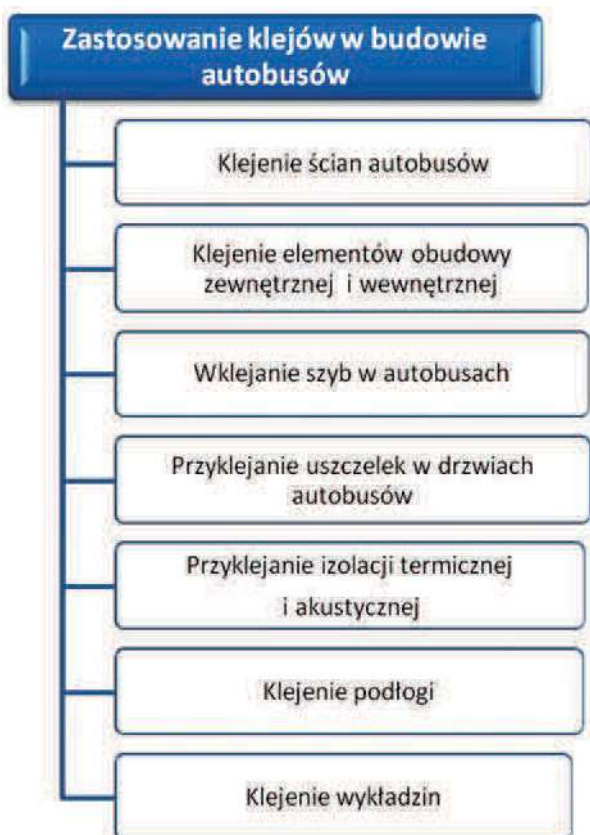
Połączenia klejowe wykorzystywane w produkcji autobusów

W produkcji autobusów stosowane są połączenia klejowe różnych zespołów montażowych oraz na wielu etapach ich wykonania (rys. 1-3).

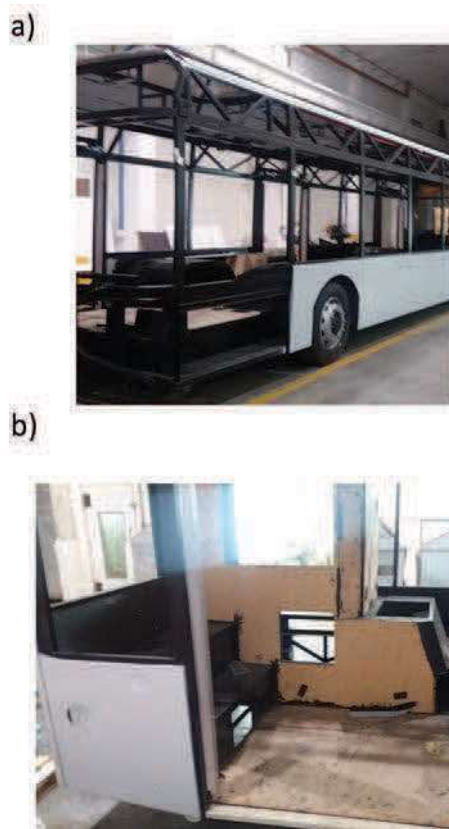
Zastosowanie klejenia dotyczy nie tylko łączenia różnych elementów wyposażenia autobusów (elementów zabudowy wewnętrznej oraz elementów wykończeniowych), ale także wielu elementów konstrukcyjnych, będących podstawowymi elementami budowy autobusu (elementy zabudowy zewnętrznej).



Rys. 1. Schemat klejonych elementów w autobusie
Fig. 1. Scheme bonding elements in the bus



Rys. 2. Zastosowanie klejów w budowie autobusu
Fig. 2. Adhesives applications in bus construction



Rys. 3. Przykłady klejonych elementów w budowie autobusu:
a) ściany boczne, b) elementy zabudowy wewnętrznej
Fig. 3. Bonding elements examples in bus construction: a) side wall, b) interior fittings

Funkcje połączeń klejowych

W przypadku produkcji autobusów połączenia klejowe spełniają funkcję uszczelniającą, tłumiącą drgania oraz zwiększającą sztywność wykonywanego fragmentu lub całej konstrukcji (rys. 4).



Rys. 4. Podstawowe funkcje klejów w budowie autobusów
Fig. 4. Basic functions of adhesives in the buses construction

Klejenie zapewnia łączenie zarówno materiałów jednoimiennych, jak i różnoimiennych o odmiennych właściwościach. Jest to jedna z nielicznych metod, dzięki której możliwe jest połączenie różnych materiałów konstrukcyjnych bez ingerencji w strukturę materiału i wprowadzania naprężeń. Celem uszczelnienia jest minimalizacja przepływów gazów oraz cieczy pomiędzy porami i szczelinami materiałów, a także ograniczenie wpływów termicznych. Ponadto kleje posiadają właściwości tłumiące oraz redukujące drgania, przyczyniając się w ten sposób do zmniejszenia emisji hałasu.

Funkcja wzmacniająca klejów przejawia się w zwiększeniu obciążeń statycznych i dynamicznych przenoszonych przez połączenia. Zastosowanie klejów i uszczelniaczy zapewnia odpowiednią ochronę przed wpływem zróżnicowanych warunków atmosferycznych, działaniem środków chemicznych, różnego rodzaju zanieczyszczeń (w tym gazów i cieczy), a także ognia [3, 4].

Rodzaje materiałów łączonych

W budowie autobusów technologia klejenia wykorzystywana jest do łączenia różnego rodzaju materiałów konstrukcyjnych (rys. 5), z których wykonane są poszczególne elementy autobusu.

Podstawowym elementem budowy autobusu jest szkielet wykonany ze stali nierdzewnej, do którego przyłączane są inne elementy konstrukcyjne wykonane z:

- kompozytów polimerowych w postaci laminatu (dach autobusu, ściany boczne),
- drewna w postaci impregnowanej sklejki (podłoga),
- stopów aluminium w formie blach (ściany boczne),
- tworzyw polimerowych w różnej postaci (w tym wykładzin),
- szkła (szyby przednie, tylne, boczne, lusterka),
- inne.

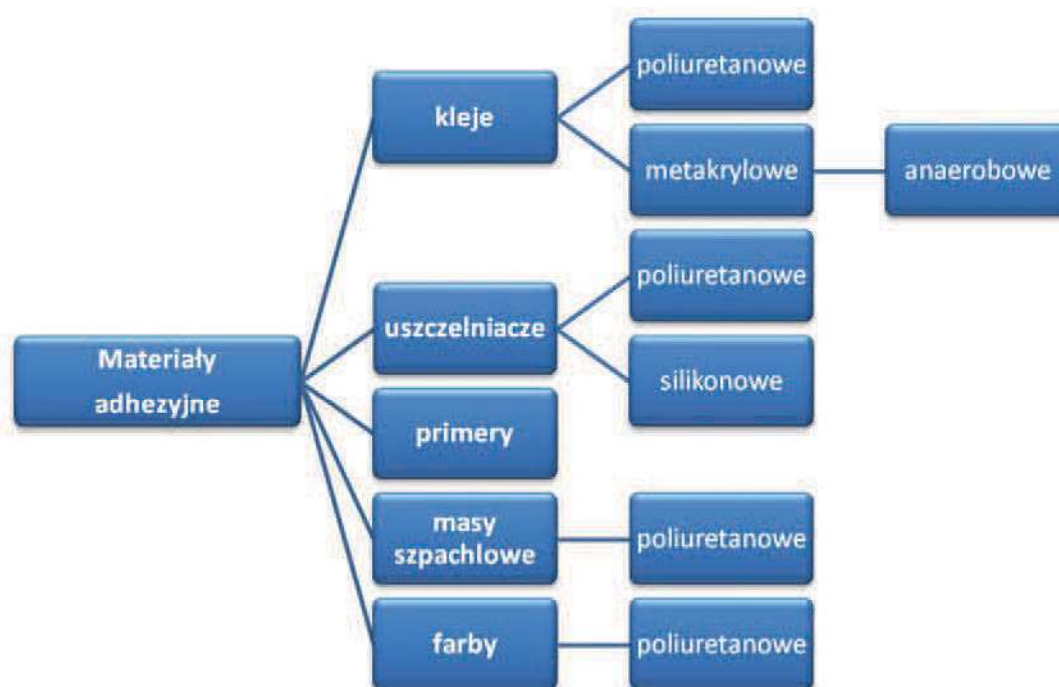
Wymienione elementy łączone są za pomocą odpowiednich klejów (najczęściej poliuretanowych), które spełniają także rolę uszczelniającą.

Rodzaje i właściwości stosowanych klejów oraz innych materiałów adhezyjnych

Wśród materiałów adhezyjnych stosowanych w budowie autobusu wymienia się m.in. (rys. 6):



Rys. 5. Materiały konstrukcyjne łączone za pomocą klejów
Fig. 5. Structural materials bonded by adhesives



Rys. 6. Materiały adhezyjne stosowane w budowie autobusu
Fig. 6. Adhesives materials used in the bus construction

- kleje poliuretanowe oraz metakrylowe (anaerobowe),
- uszczelniacze silikonowe i poliuretanowe,
- primery (aktywatory) oparte na bazie tytanianów, poliuretanów oraz żywic epoksydowych,
- masy szpachlowe,
- farby.

Każdy z wymienionych rodzajów materiałów charakteryzuje się pewnymi właściwościami, dostosowanymi do określonych wymagań.

Kleje poliuretanowe są to najczęściej jednoskładnikowe elastyczne kleje konstrukcyjne, a ich mechanizm utwardzania polega na wchłanianiu cząsteczek wody z powietrza [1, 4]. Czas utwardzania jest zależny od temperatury i wilgotności. W niskiej temperaturze zawartość wody w powietrzu jest niższa, wobec czego proces utwardzania przebiega wolniej. Kleje poliuretanowe są odporne na promieniowanie UV oraz pozostałe warunki atmosferyczne, na wodę słodką i morską, rozcieńczone kwasy i zasady, detergenty, środki myjące i czyszczące. Nie są odporne na kwasy organiczne i alkohole, stężone zasady i kwasy mineralne oraz rozpuszczalniki. Kleje poliuretanowe wykorzystuje się bardzo często do wklejania szyb w autobusach, a także do fugowania oraz wypełniania różnego rodzaju ubytków [2]. Stosuje się je do wykonywania połączeń konstrukcyjnych narażonych na wysokie obciążenia dynamiczne. Klejami poliuretanowymi można łączyć różnorodne materiały, takie jak: drewno, metale oraz metale pokryte różnymi powłokami (w tym lakierniczymi), materiały ceramiczne i tworzywa polimerowe [3, 4].

Jednym z wymagań stawianych uszczelniaczom, stosowanym w budowie autobusów, jest odporność na działanie promieniowania UV. Do takich rodzajów

materiałów zaliczane są uszczelniacze, w których bazą chemiczną są poliuretany. Podobnie, jak kleje poliuretanowe, utwardzają się pod wpływem wilgoci z otoczenia. Ważnymi parametrami technologicznymi są: postać, lepkość, a także tzw. czas przydatności, ponieważ to one w istotny sposób decydują o technologii nakładania uszczelniacza. Ponadto podczas aplikacji uszczelniacza zaleca się zwrócenie szczególnej uwagi na to, aby nie zostały uwięzione pod masą uszczelniacza pęcherzyki powietrza, które negatywnie wpływają na proces uszczelniania. W czasie nakładania uszczelniaczy poliuretanowych temperatura uszczelnianych elementów i masy uszczelniającej powinna znajdować się w granicach od +15 do +25°C, a także nie zaleca się nakładania masy w temperaturze otoczenia poniżej 10°C i powyżej 35°C. Wśród zalet uszczelniaczy poliuretanowych wymienia się, m.in.: dużą odporność na warunki atmosferyczne i promieniowanie UV, dobrą przyczepność do wielu różnych powierzchni, a ponadto zaletą jest to, że są one jednoskładnikowe (niewymagające mieszania), wysoce elastyczne oraz bezrozpuszczalnikowe.

Primery są materiałami aktywującymi powierzchnie oraz zwiększającymi adhezję kleju lub uszczelniacza do powierzchni łączonych elementów [4, 8]. Przed ich aplikacją zaleca się, aby podłoże (na które będzie nakładany klej lub uszczelniacz) były odpowiednio oczyszczone i przygotowane (np. za pomocą obróbki mechanicznej). W zależności zarówno od rodzaju materiału (podłoża), jak i jego struktury zaleca się stosowanie primerów o różnej bazie chemicznej. Ważnym parametrem technologicznym jest czas schnięcia, który uzależniony jest od temperatury otoczenia.

Podsumowanie

W budowie autobusów, ze względu na liczne zalety, w wielu obszarach wykorzystywana jest technologia klejenia. Połączenia klejowe spełniają funkcję łączącą, w efekcie czego powstaje element konstrukcyjny przenoszący obciążenia, funkcję uszczelniającą (zapewniającą ochronę przed działaniem czynników atmosferycznych, gazów oraz płynów), funkcję tłumiącą hałas i wibracje oraz wiele innych. W tym obszarze motoryzacji główną rolę spełniają materiały poliuretanowe (łączenie i uszczelnianie), metakrylanowe, w tym anaerobowe (łączenie oraz uszczelnianie np. gwintów) oraz silikonowe (uszczelnianie). Wymienione materiały adhezyjne umożliwiają łączenie i uszczelnianie różnorodnych materiałów konstrukcyjnych często w różnoimiennych konfiguracjach (np. stal-szkło, stal-kompozyt). Jednym z podstawowych wymagań stawianym klejom i uszczelniaczom jest elastyczność oraz odporność na warunki atmosferyczne, a przede wszystkim odporność na działanie promieniowania UV. Z tego powodu kleje i uszczelniacze oparte na poliuretanach stanowią podstawowy rodzaj materiałów adhezyjnych wykorzystywanych w budowie autobusów.

LITERATURA

[1] Brockmann W. et. Al. 2009. "Adhesive bonding". Materials, Applications and Technology. Weinheim, Wiley-Vch Press, Germany.

- [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: WKiŁ.
- [4] Godzimirski J. i in. 1997. „Konstrukcyjne połączenia klejowe elementów metalowych w budowie maszyn”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [5] Godzimirski J. 2002. „Wytrzymałość doraźna konstrukcyjnych połączeń klejowych”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [6] Grant L.D.R. et. al. 2009. “Effect of the temperature on the strength of adhesively bonded single lap and T joints for the automotive industry”. *International Journal of Adhesion and Adhesives* (29): 535–524.
- [7] Kuczmaszewski J. 1995. „Podstawy konstrukcyjne i technologiczne oceny wytrzymałości adhezyjnych połączeń metal”. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej.
- [8] Rzymiski W. M., M. Włóka, T. Grzeźółkowska-Rosiak. 2005. „Łączenie elastomerów z metalami”. *Polimery* (50): 530–536.
- [9] Wielgołaski W. „Kleje w mechanice”, <http://motofocus.pl/technika/1852/kleje-w-mechanice>, dostęp 21.02.2017.

mgr inż. Dariusz Kasperek – URSUS BUS S.A, ul. Frezerów 7a, 20-209 Lublin, wykładowca na Politechnice 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