

Warto wiedzieć!

Badania prowadzone nad połączeniami klejowymi jednoznacznie pokazują, że wytrzymałość doraźna nie jest jedynym kryterium przydatności danego kompozytu do tworzenia połączeń klejowych oraz, że trwałości czasowej połączeń nie da się jednoznacznie odnieść do wytrzymałości doraźnej.

Poznaj nasze produkty

Kleje metakrylowe

Ich podstawowe przeznaczenie to konstrukcyjne klejenie tworzyw sztucznych, laminatów i metali.

- ▶ Spoina klejowa nie wprowadza do połączenia dodatkowych naprężeń jak np. spawanie.
- ▶ Stanowią warstwę izolującą od siebie klejone materiały.
- ▶ Połączenie klejowe jest szczelne.
- ▶ Warstwa kleju tłumi drgania pochodzące od wibracji i hałasów.
- ▶ Przy odpowiedniej grubości kompensuje różnice współczynników rozszerzalności cieplnej.
- ▶ Klejenie nie wymaga szczególnych kwalifikacji poza pracą zgodnie z ustalonymi procedurami.

Statyczna trwałość czasowa połączeń klejowych

Mimo wielu zalet, jakie posiadają połączenia klejowe (np. łączenie elementów o nieregularnych kształtach, brak konieczności wykonywania dodatkowych otworów w łączonych elementach), istnieją pewne ograniczenia związane ze stosowaniem tej metody łączenia materiałów. Jednymi z nich są ograniczona statyczna trwałość czasowa połączeń klejowych oraz zmiana wytrzymałości w czasie – wytrzymałość długotrwała. Co to oznacza w praktyce? Połączenie klejowe może ulec zniszczeniu pod działaniem stałego obciążenia, niższego od wyznaczonego w próbie badania wytrzymałości doraźnej, po upływie danego czasu.

Przyczyny ograniczonej trwałości

Wyróżnia się dwie grupy przyczyn występowania tego zjawiska. Pierwsza to procesy starzeniowe zachodzące w spoinie klejowej. Są to zmiany wytrzymałości kohezyjnej i adhezyjnej (procesy zachodzące na granicy faz spoina klejowa – łączony element). Zmianę właściwości kohezyjnych powoduje degradacja makrocząsteczek wskutek działania różnych czynników, np. napromieniowania, czynników chemicznych lub podwyższonej temperatury. Jest to zjawisko wynikające z natury tworzyw sztucznych. Aby zapobiec procesom starzeniowym spowodowanym wpływem środowiska stosuje się np. powlekanie połączeń środkami odpornymi na adsorpcję wilgoci.

Drużga z przyczyn jest związana z procesami reologicznymi, które zachodzą w spoinie klejowej. Spoina podczas długiej eksploatacji pod obciążeniami wykazuje właściwości ciała lepko-sprężystego. Na skutek działania obciążenia występuje miejscowe niszczenie słabych wiązań, które występują pomiędzy łańcuchowymi makrocząsteczkami. W ciałach lepko-sprężystych występuje zjawisko pełzania materiału. Jest to zmiana odkształcenia pod wpływem nawet bardzo małego naprężenia.

W połączeniach adhezyjnych na zjawisko pełzania istotny wpływ ma temperatura. Oddziałuje ona również na trwałość czasową samego połączenia. Zmiany są już zauważalne nawet w temperaturze zbliżonej do temperatury otoczenia. Producenci klejów w charakterystyce swoich produktów podają parametr określający zmianę wytrzymałości doraźnej w funkcji temperatury. Parametr ograniczający stosowanie danego kleju to temperatura, w której następuje gwałtowna zmiana wytrzymałości. Najlepsze tworzywa adhezyjne pod względem odporności na przenoszenie obciążeń w podwyższonej temperaturze to te oparte na cyjanianach, żywicach bismaleimidowych i modyfikowanych żywicach epoksydowych.

Eksploatacja połączeń klejowych

Z racji tego, że połączenia klejowe w procesie eksploatacji są dobrze zabezpieczone przed oddziaływaniem czynników środowiska, dominującą przyczyną ich degradacji w warunkach obciążenia statycznego jest zjawisko pełzania spoiny klejowej.

Przyrost odkształceń obciążonego tworzywa wielocząsteczkowego jest już zauważalny w przeciągu kilku godzin jego eksploatacji. Z kolei wpływ starzenia jest mierzony w miesiącach lub nawet w latach.

Wpływ temperatury

Na zmianę statycznej trwałości czasowej połączenia ma wpływ podwyższona temperatura. Wraz ze wzrostem temperatury następuje gwałtowniejszy przyrost odkształceń obciążonego tworzywa adhezyjnego. Przy wzroście temperatury o zaledwie kilkanaście stopni prędkość pełzania może nawet ulec podwojeniu. Problem ograniczonej trwałości czasowej połączeń klejonych nie występuje za to w ujemnej temperaturze.

Badania eksperymentalne

Zjawisko statycznej trwałości czasowej połączeń klejowych stanowi istotny problem dla konstruktorów. W publikacjach dotyczących wytrzymałości połączeń klejowych ciężko znaleźć informacje dotyczące metod służących przewidywaniom tego rodzaju problemów, z którymi inżynierowie stosujący metody klejowe mierzą się na co dzień. Brak uwzględnienia ograniczonej statycznej trwałości połączeń klejowych może być powodem zniszczenia połączenia. Przeprowadzanie badań eksperymentalnych nad spoinami klejowymi w celu określenia ich trwałości jest bardzo czasochłonne i wymaga zaangażowania dużych środków. Potrzeba między innymi specjalnych przyrządów, komory cieplnej oraz utrzymywania stałych warunków termicznych. Zamiast tych kosztownych eksperymentów prowadzi się badania kompozycji adhezyjnych i na tej podstawie wnioskuje się o zachowaniu danego tworzywa w połączeniu.

W przeprowadzonych do tej pory eksperymentach stwierdzono, że warunki temperaturowe utwardzania spoin mają mniejszy wpływ na wytrzymałość doraźną połączeń, ale za to o wiele większy wpływ na trwałość połączeń w podwyższonej temperaturze. Może mieć to związek ze stopniem usieciowania matrycy epoksydowej. Ogólny wniosek i porada są takie, że zaleca się utwardzanie spoin klejów opartych na żywicach epoksydowych w podwyższonej temperaturze. Jeżeli producent kleju nie poda dokładnie termicznych warunków utwardzania spoiny, proces ten należy przeprowadzić w temperaturze, w której dane połączenie będzie eksploatowane.