

Warto wiedzieć!

Doświadczenia pokazują, że nie ma liniowej zależności między obciążeniem a wartością maksymalnych naprężeń w spoinach połączeń zakładkowych. Istnieje za to wyraźna zależność trwałości zmęczeniowej spoin klejowych od rodzaju połączenia, jego kształtu i sposobu obciążenia.

Poznaj nasz produkt

Monolith EP 2510-1

Klej konsystencji pasty, przeznaczony do przygotowanych metali, przygotowanej gumy, poliuretanu i tworzyw sztucznych. Idealny do klejenia SMC bez specjalnego przygotowania powierzchni. Odporny na obciążenia mechaniczne, dobry do mocowania paneli karoserii.

Kolor

Szary

Odporność termiczna

-40 / +150 °C

Wytrzymałość na ścinanie

32 N/mm²



Trwałość zmęczeniowa połączeń klejowych

Wytrzymałość połączeń klejowych uzależniona jest od czterech czynników:

- materiałowych: właściwości kleju (moduł sprężystości, adhezja i kohezja) i klejonych materiałów (moduł sprężystości),
- technologicznych: przygotowanie powierzchni do klejenia, metoda przygotowania i nanoszenia kleju, warunki utwardzania spoiny (nacisk, temperatura i czas),
- konstrukcyjnych: wymiary i symetryczność połączenia, ukształtowanie elementów złącza i sposób obciążenia,
- eksploatacyjnych: czas działania obciążenia, temperatura pracy obciążenia, właściwości chemiczne środowiska, czas trwałości połączenia i widmo działających obciążeń.

Trwałość zmęczeniowa

Pod wpływem zmiennych obciążeń w spoinach klejowych zachodzi proces zmęczenia. Jego następstwem jest zmniejszenie wytrzymałości i trwałości połączeń klejowych. W konsekwencji może to prowadzić do nagłego zniszczenia, nawet przy obciążeniach maksymalnych niższych od wytrzymałości doraźnej danego połączenia. Z publikacji dotyczących badań wytrzymałości połączeń klejowych wynika, że klejone konstrukcje cechuje dość wysoka trwałość zmęczeniowa, jeżeli struktury te nie są nadmiernie obciążone. Dla przykładu, w konstruowaniu samolotów często stosuje się połączenia klejowo-nitowe lub klejowo-zgrzewane. Mają one bardzo wysoką trwałość zmęczeniową. W tego typu połączeniach spoina klejowa ma za zadanie zmniejszać prędkości propagacji pęknięć. Jednakże wytrzymałość zmęczeniowa połączeń klejowych jest ograniczona i mniejsza od ich wytrzymałości doraźnej.

Klejenie konstrukcyjne

Ciekawym punktem zwrotnym dla klejów było ich wprowadzenie w lotnictwie. Odkryto wtedy prawdziwe możliwości tej metody łączenia materiałów. W klejeniu konstrukcyjnym stosuje się takie kleje, które mogą przenosić pełne obciążenia konstrukcji. Dodatkowo, połączenia te pracują w ciężkich warunkach. Narzuca to konstruktorom wybór odpowiednich klejów o wytrzymałości w zakresie 10-35 MPa, bardzo dużej wytrzymałości na udary i oddzieranie oraz możliwości pracy w temperaturach od -50 do 170 °C. Przed wyborem kleju warto najpierw zbadać jego trwałość podczas pracy przy przewidywanym obciążeniu, dokładając do tego okresowe zmiany temperatury. Brak określenia wymagań dla gotowego złącza i pełnego zrozumienia warunków jego trwałości jest główną przyczyną uszkodzeń. Czynniki, jakie należy zbadać przed klejeniem konstrukcyjnym to: obciążenia robocze złącza, typy naprężeń, jakie mogą wystąpić (np. ścinanie, udary), temperatura pracy, cykliczne obciążenia termiczne, odporność na udary i wstrząsy, odporność chemiczną oraz przewidywany czas życia konstrukcji. Kolejny krok to wybór właściwego procesu klejenia. Składa się on z wielu istotnych kwestii, między innymi: pozycja klejenia (pozioma bądź pionowa), montaż ręczny/automatyczny, czy żądany czas zamocowania. Po rozpoznaniu powyższych czynników należy wybrać właściwe substraty, kleje, a ostateczny krok to opisanie standardu produkcyjnego wykonania danego połączenia. Przejście wszystkich powyższych etapów gwarantuje powstanie złącza o pożądanej trwałości zmęczeniowej.

Dobra praktyka - przykłady

Ford w jednym ze swoich popularnych modeli samochodów z serii Taurus/Sable zastosował klejenie konstrukcyjne zderzaków przy użyciu klejów

metakrylowych. Bazując na doświadczeniu, określono wymagania, jakie musi spełniać konstrukcja złączona klejem. Na tej podstawie do wykonania zderzaków wybrano tworzywo formy GE Plastic, które przyklejono wzmocnionym klejem metakrylowym. Tak sklejoną zderzak z powodzeniem użytkowano w ponad 4 milionach egzemplarzy samochodów Forda. Inny przykład to łodzie firmy Vanguard. Były one często narażone na zderzenia, np. z bojami lub same ze sobą, gdy stały w porcie. W celu doboru odpowiedniego kleju wykonano testy wytrzymałości zmęczeniowej klejów poliuretanowych, których używano w konstrukcji łodzi do łączenia kadłuba z pokładem oraz kleju metakrylowego. Wyniki pokazały wyższość kleju metakrylowego nad poliuretanowym, który spełnia się jednak lepiej jako uszczelniacz, a nie klej konstrukcyjny. Kolejny aspekt, na jaki zwrócono uwagę to nakładanie kleju za pomocą szpachlówek. Powierzchnia łodzi przed szpachlowaniem musiała być dokładnie wyszlifowana. Gdy zrezygnowano z tego procesu i zmieniono kleje na metakrylowe, firma zauważyła, że koszty produkcji żagliówek spadły, dodatkowo zmniejszeniu uległa liczba napraw gwarancyjnych.

Przykład samochodów Forda dobrze pokazuje, jak odpowiednio zdefiniowane wymagania trwałości połączenia są ważne w późniejszej jego eksploatacji. Przy produkcji łodzi firmy Vanguard odkryto, że wzmocnione kleje konstrukcyjne znacznie poprawiają trwałość produkowanych żagliówek, dodatkowo do wzrostu przyczyniła się zmiana procesu przygotowania powierzchni oraz samej metody nakładania kleju. Niewątpliwie, przestrzeganie kilku ważnych zasad podczas procesu klejenia konstrukcyjnego ma ogromny wpływ na późniejszą trwałość zmęczeniową połączeń klejowych, co zaowocuje dłuższą i efektywniejszą eksploatacją powstałej konstrukcji.