Dlaczego klej klei?

Żeby połączyć dwa materiały bez stosowania takich metod, jak lutowanie, spawanie, skręcanie śrubami itd., należy użyć odpowiedniego kleju. To oczywiste i całkowicie jasne, nawet dla osób, które nie mają nic wspólnego z nowoczesnymi technologiami produkcyjnymi. Jednak zdecydowanie nie można powiedzieć, że to, dlaczego właściwie klej pozwala na tworzenie trwałych połączeń, jest powszechnie wiadome.

Zrozumienie mechanizmu klejenia, jak również zapoznanie się z informacjami na temat czynników, które mają na niego pozytywny i negatywny wpływ, okazuje się niezwykle istotne z punktu widzenia dążenia do ustabilizowania procesu produkcyjnego. Biorąc pod uwagę, że każde przedsiębiorstwo powinno dążyć do tego, by w pełni sterować jego przebiegiem, nie należy lekceważyć znaczenia znajomości wszystkich etapów samego klejenia.

Chodzi o to, żeby zwiększyć adhezję i kohezję złącza...

Jak wyjaśnia Paweł Kowalski, Menedżer Sprzedaży w firmie Milar, klejenie to technologia łączenia materiałów przy użyciu substancji niemetalicznej – kleju, przez zespolenie ich powierzchni (adhezja) oraz przy zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości wewnętrznej złącza (kohezja). W prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym połączeniu klejowym siły adhezji oraz kohezji powinny mieć zbliżoną wartość.

Źródło: Master Bond

A jak należy rozumieć te pojęcia? Aleksander Łychin, Prezes Zarządu w firmie Proxima Adhesives cytuje fragment opracowanego przez nią poradnika: – *Przez pojęcie adhezji rozumie się siły przylegania powierzchni różnych materiałów. W klejeniu największe znaczenie mają fizyczne siły przyciągania albo adsorpcji. Zakres oddziaływania sił międzycząsteczkowych jest znacznie mniejszy niż wielkość chropowatości mechanicznie obrobionych powierzchni. Dlatego klej musi wniknąć w chropowatości i całkowicie zwilżyć powierzchnie. Zdolność zwilżania powierzchni przez płynny klej uzależniona jest od energii powierzchniowej materiałów. Klej zwilża wystarczająco powierzchnię materiału tylko wówczas, gdy jego napięcie powierzchniowe jest przynajmniej równe lub mniejsze od energii powierzchniowej danego materiału. Kohezją z kolei, czyli spójnością wewnętrzną spoiny klejowej, określa się jej wytrzymałość mechaniczną, będącą przejawem wzajemnego przyciągania się cząsteczek spoiwa w odróżnieniu od adhezji, która jest wytrzymałością kleju na odrywanie od podłoża. Adhezja tj. przyleganie kleju do materiału oraz kohezja tj. wewnętrzna spójność kleju stanowią o sile połączenia.*

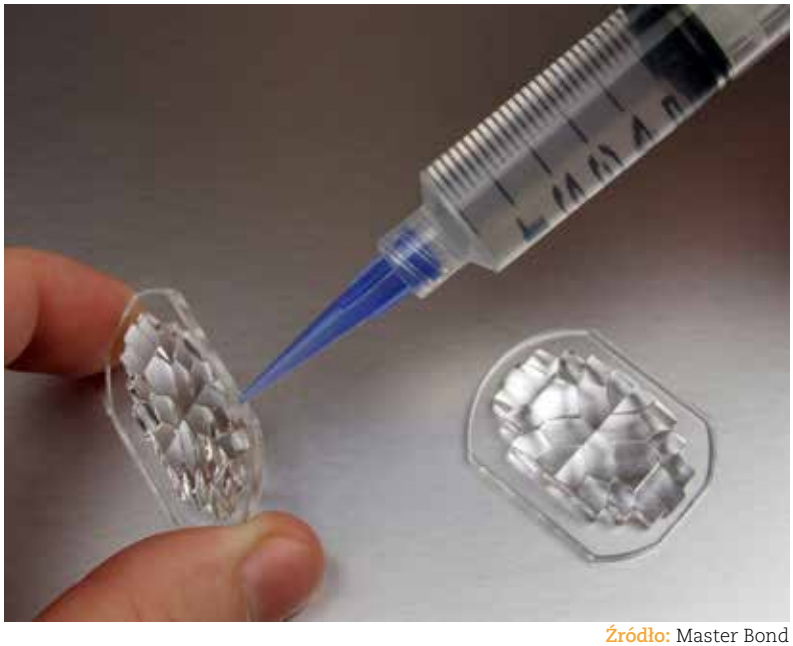
Czyli klej klei dzięki temu, że charakteryzuje się doskonałą adhezją i wysoką kohezją. Marek Bernaciak, Właściciel firmy AMB Technic, zaznacza, że nie występują one jednocześnie. Adhezja jest ważna, kiedy klej jest mokry, kohezja – gdy zaschnie. Zwraca również uwagę na fakt, iż materiały, które są łączone, mogą wymagać użycia kleju o niższej lub wyższej kohezji, w zależności od tego, czy jest to np. papier, tworzywo sztuczne czy stal. W związku z tym, kiedy łączymy materiały o niskiej kohezji własnej, nie warto starać się o to, aby siły wpływające na trwałość łącza, były jak największe. Innymi słowy, w przypadku papieru nie stosujemy kleju do stali, ale nie dlatego, że mógłby okazać się nieskuteczny. Chodzi po prostu o to, że rachunek ekonomiczny nie daje ku temu przesłanek. Ta sama zasada odnosi się do łączenia np. tworzyw sztucznych, gdzie ogólna wytrzymałość złącza nie jest prostą sumą kohezji i adhezji.

Spoina idealna – jak ją uzyskać?

Większość klejów składa się z bazy oraz rozpuszczalnika. Rozpuszczalnik działa na bazę i ulega odparowaniu lub wchłonięciu przez podłoże, a wtedy następuje zaschnięcie kleju i powstanie spoiny. Właściwie należy utożsamić mechanizm jej powstawania oraz mechanizm klejenia.

Mimo ponad 70 lat powszechnego stosowania w konstrukcjach lotniczych, zaufanie społeczne do klejenia jest niskie. Dlatego producentom, sprzedawcom i osobom korzystającym z kleju zależy na tym, aby nie okazało się, że spoina jest słabym ogniwem całości konstrukcji. Jak tego uniknąć? Przede wszystkim potrzebny jest odpowiedni produkt. Jego dobór należy uwzględnić już na etapie projektowania danego wyrobu. Zdaniem Macieja Wylegały, Doradcy technicznego w firmie Buehnen Polska, jest to zadanie dla inżyniera materiałowego. Powinien wskazać jakiego rodzaju klej zadziała najlepiej, a w przypadku, gdy wiele z nich może okazać się skutecznych, wówczas warto kierować się ceną. Kolejna istotna kwestia to stopień gładkości powierzchni, które mają zostać połączone. Rzecz w tym, że im bardziej są porowate, tym łatwiej je skleić i to nie koniecznie przy wykorzystaniu sporej ilości kleju. Trzeba sprawdzić jak kształtują się zależności pomiędzy porowatością i wielkością powierzchni, rozkładem sił adhezji oraz kohezji, a także grubością spoiny klejowej. Przeprowadzając serię testów, można znaleźć optymalne rozwiązanie, które powinno być zarazem ekonomiczne i wpisywać się w filozofię dążenia do ustabilizowania procesu produkcyjnego. Należy pamiętać, że o ile wyczyszczenie i odtłuszczenie, a następnie zastosowanie docisku jest niezbędne w przypadku wielu powierzchni, które mają zostać sklejone, to jednak większość warunków powstawania trwałej spoiny jest specyficzna dla każdego rodzaju kleju.

Źródło: Master Bond



Źródło: Master Bond

Jeden z podziałów polega na wyróżnieniu klejów jednoskładnikowych i dwuskładnikowych. Natomiast, jak zauważa Marek Bernaciak, produkty 1K wymagają drugiego składnika (np. wilgoci zawartej w powietrzu, promieniowania UV), aby mogły zostać uaktywnione. Poza tym istnieją kleje hybrydowe składające się z kilku rodzajów kleju. Pośród najczęściej spotykanych typów klejów można wymienić: epoksydowe 1K i 2K, poliuretanowe 1K i 2K, silikonowe 1K i 2K, metakrylowe 2K, anaerobowe (w zasadzie to wypełniacze), cyjanoakrylowe, hybrydy (MS polimery), termotopliwe, utwardzane światłem UV, rozpuszczalnikowe, dyspersyjne, kontaktowe.

W większości przypadków przed nałożeniem kleju wskazane jest zastosowanie piaskowania bądź innych metod, dzięki którym materiały ulegają schropowaceniu. Dotyczy to zwłaszcza metalu. Ponadto praktykowane jest nakładanie tlenków, które również pozwala na rozwinięcie powierzchni i wnikanie kleju we wszystkie wgłębienia. Jeżeli chodzi o tworzywa sztuczne, bardziej skuteczne okazuje się nanoszenie primerów, zastosowanie plazmy (niskociśnieniowej lub atmosferycznej) albo powłok chemicznych. Paweł Kowalski w ten sposób podsumowuje temat dotyczący przygotowania powierzchni przed procesem klejenia:

- oczyszczenie i odtłuszczenie,
- modyfikacja warstwy wierzchniej różnymi metodami w zależności od potrzeb: mechanicznymi, chemicznymi, termicznymi lub łączonymi np. chemiczno-termicznymi,
- dodatkowa obróbka: nakładanie podkładów (primerów), aktywatorów.

Cechy prawidłowo przygotowanej powierzchni:

- brak zanieczyszczeń redukujących adhezję,
- dobra zwilżalność kleju,
- zdolność do wytwarzania wiązań międzyfazowych,

Mimo ponad 70 lat powszechnego stosowania w konstrukcjach lotniczych, zaufanie społeczne do klejenia jest niskie.

- stabilność dla założonych warunków i czasu eksploatacji,
- powtarzalność uzyskiwanych właściwości,
- obecność podkładów lub aktywatorów (jeśli są wymagane).

Jak mówi Dariusz Zychowicz, Managing Director w firmie Drei Bond Polska, oprócz należytego przygotowania powierzchni, na trwałość połączenia klejowego wpływają również: temperatura pracy, sposób i czas nakładania kleju, oddziaływanie mediów na złącze, obciążenia – stałe, cykliczne lub udarowe. Oczywiście powinny być dostosowane do wymogów korzystania z danego rodzaju kleju oraz klejonych materiałów. Jednocześnie trzeba unikać następujących czynników, taktując je jako potencjalne zagrożenia dla stabilności spoiny klejowej: wilgoć i agresja środowiska, środki antyadhezyjne, błędy przygotowania powierzchni, starzenie, wady produkcyjne, błędy aplikacji, temperatura, zapowietrzenie.

Ze względu na opisane wcześniej szczególne właściwości złącza klejowego, warto zwrócić uwagę także na jego konstrukcję. Odpowiednie zaprojektowanie klejonych elementów może wielokrotnie zwiększyć wytrzymałość połączeń, a tym samym pozwolić na zmniejszenie masy czy wymiarów konstrukcji.

Dlaczego akurat klejenie?

Porównując klejenie do innych technologii łączenia materiałów, bez problemu można wskazać sporo zalet tej właśnie metody. Zdaniem Marcina Koska, Specjalisty Działu Technical Customer Service firmy Henkel, klejenie poszerza zakres możliwości produkcyjnych, przynosząc następujące korzyści:

- równy rozkład naprężeń: nie występuje koncentracja naprężeń wokół wywierconych otworów,
- brak zmian strukturalnych: własności materiałów pozostają nie zmienione, czego nie zagwarantuje spawanie,
- brak odkształcenia części: nie występuje tu wysoka temperatura jak przy spawaniu, łatwo też można łączyć detale o różnych masach i wymiarach,
- kombinacje różnorodnych materiałów: pozwala to konstruktorom dobierać i łączyć różnorodne materiały, tak aby ich własności najlepiej służyły obranym celom,
- uszczelnienie złączy: kleje służą także jako uszczelniacze, natomiast konstrukcje łączone śrubami czy nitami często wymagają uszczelniania, co pociąga za sobą dodatkową pracę i koszt,
- izolacja: można łączyć metale o różnych własnościach elektrochemicznych, unika się przez to i korozji ciernej, i elektrochemicznej,
- mniejsza liczba elementów: nie potrzeba kołków, śrub, nitów, zacisków itp.,
- lepszy wygląd: złącza klejone są gładkie, unika się widocznych szwów, charakterystycznych dla spawania, co daje to konstruktorom wiele okazji do poprawienia wyglądu wyrobu;

Źródło: Proxima

Źródło: Henkel

Marek Bernaciak dodaje ponadto, że dzięki wdrażaniu połączeń klejonych można znacznie obniżyć wagę wytwarzanych konstrukcji, a przede wszystkim poprawić stosunek ich ciężaru do sztywności. Oczywiście korzystanie z tego rodzaju technologii ma też pewne ograniczenia, związane chociażby z wytrzymałością termiczną, wymogami dotyczącymi przechowywania i przetwarzania klejów, uciążliwym zapachem czy zbyt długim czasem oczekiwania połączenia klejowego na dalszą obróbkę. Jednak jest ich znacznie mniej niż korzyści, nic więc dziwnego, że kleje są tak powszechnie stosowane w przemyśle oraz że powstają coraz bardziej nowoczesne i zaawansowane technologicznie produkty.

Jak zapewnia Paweł Kowalski producenci klejów prześcigają się w opracowywaniu nowych formuł, spełniając tym samym oczekiwania stawiane przez konstruktorów maszyn, czy też samych użytkowników klejów. I tak dostępne na rynku są kompozycje klejowe, które możemy zastosować niemalże jako alternatywa do tradycyjnych sposobów łączenia materiałów (spawanie, lutowanie, skręcanie). Przykładowo są to kleje, które nie wymagają prawie żadnego przygotowania powierzchni, a także produkty ulegające utwardzeniu w warunkach wody morskiej (klejenie pod wodą) oraz takie, w przypadku których reakcja chemiczna (kleje dwuskładnikowe) zachodzi w niskich temperaturach, nawet znacznie poniżej 0°C. ■