

SPOSOBY PRZYGOTOWANIA WARSTWY WIERZCHNIEJ W POŁĄCZENIACH ADHEZYJNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono idee przygotowania warstwy wierzchniej do połączeń adhezyjnych oraz wybrane metody przygotowania tej warstwy: mechaniczne oraz fizyczne. Proces ten jest istotny ze względu na decydujące znaczenie trwałości uzyskanego połączenia klejonego. W przypadku zaniedbań może dojść do osłabienia wytrzymałości, a w najgorszym wypadku rozłączenia warstw i zniszczenia konstrukcji.

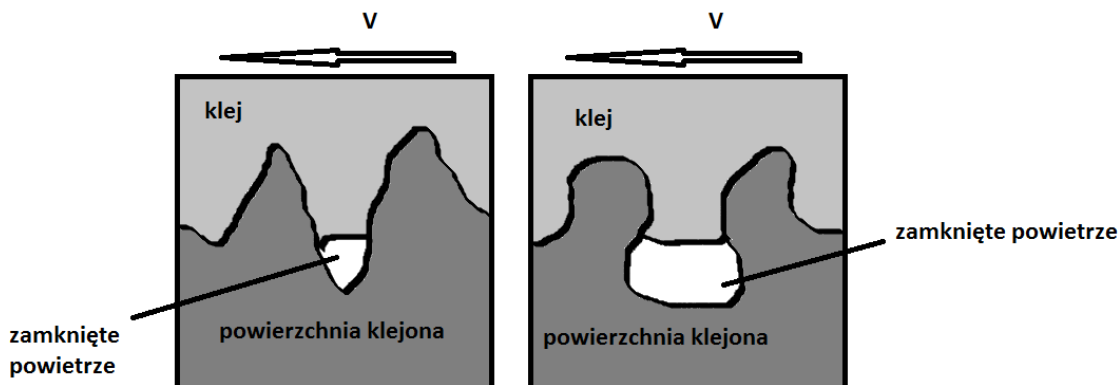
WSTĘP

Istnieje szeroki wachlarz technik oczyszczania powierzchni w celu uzyskania najlepszych właściwości adhezyjnych jak i kohezyjnych. To właśnie te etapy mają najważniejszy wpływ na jakość uzyskanego łączenia, a ich zaniedbanie skutkuje obniżeniem wytrzymałości, a w najgorszym wypadku rozdzieleniem się warstw i zniszczeniem konstrukcji.

Podczas przygotowania powierzchni należy zwrócić uwagę na jej strukturę geometryczną, a w szczególności na chropowatość. Chropowatość powierzchni tworzą elementy powstałe w procesie kształtowania się samej warstwy, nie zawierające falistości i odchyłek kształtu [1]. Cechę tą ocenia się za pomocą profilu powierzchni. W przypadku tworzyw sztucznych jako wskaźnik chropowatości stosuje się średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości (R_a) oraz średnie kwadratowe odchylenie profilu chropowatości (R_q lub RMS). Pierwsze z nich to średnia arytmetyczna wartość bezwzględna odchylenia profilu powierzchni od linii średniej profilu chropowatości, w przedziale badanego odcinka [1]. Natomiast drugi wskaźnik to średnia kwadratowa wartość odchylenia profilu powierzchni od linii średniej profilu chropowatości [2]. Właściwe schropowacenie powierzchni zwiększa liczbę mikroporów, a co za tym idzie rozwija powierzchnie czynną. Dzięki temu zostają zwielokrotnione działania sił międzycząsteczkowe, dyfuzja, chemisorpcja. Stopień schropowacenia nie może być też zbyt duży, gdyż prowadzi to do pogorszenia właściwości połączenia [3].

Sposób w jaki klej wnika wewnątrz porów zależy od postaci mikroporów (kąta ich rozwarcia, głębokości, długości i szerokości, napięcia powierzchniowego, lepkości kleju). Gdy mamy do czynienia ze znaczną ilością wąskich porów, klej o znacznym napięciu

powierzchniowym oraz lepkości nie wnika do ich wnętrza, a osadzi się tylko na wierzchołkach nierówności [3]. Istotnym czynnikiem podczas łączenia adhezyjnego jest wytrzymałość warstwy wierzchniej. Niekiedy warstwa ta wykazuje dobre właściwości adhezyjne jednakże przez niską wytrzymałość jej samej, połączenia klejowe będą charakteryzować się także małą wytrzymałością [4]. Inną ważną sprawą jest powtarzalność powierzchni. Prawidłowe przygotowanie powierzchni zwiększa nawet 4-krotnie wytrzymałość mechaniczną połączenia [5,6]. Do cech prawidłowo przygotowanej powierzchni wierzchniej można zaliczyć min.: zdolność wytwarzania wiązań międzyfazowych, dobra zwilżalność klejem, brak zanieczyszczeń redukujących adhezję oraz trwałość połączenia w określonych warunkach przez cały czas eksploatacji [5]. Przed przystąpieniem do oczyszczenia należy ocenić jakość powierzchni. Robi się to za pomocą: oceny stopnia przygotowania powierzchni (metoda wzrokowa, porównuje się powierzchnię do odpowiednich wzorców i wystawia ocenę), oceny zapylenia powierzchni (taśmą samoprzylepną zbiera się pył i kurz z badanej powierzchni, a następnie porównuje zagęszczenie oraz wielkość drobin ze wzorcem, wyróżniamy pięć stopni wielkości cząstek oraz tyle samo stopni zagęszczenia zanieczyszczeń), ocena zatłuszczenia powierzchni (stosuje się test wody, gdzie w przypadku wysokiego zatłuszczenia będą zbierać się krople, bibułę filtracyjną nasączoną benzyną ekstrakcyjną lub naświetlanie lampą UV) oraz badanie pod kątem występowania zanieczyszczeń jonowych rozpuszczalnych w wodzie (w tym celu wykorzystuje się metodę Bresla do zdjęcia zanieczyszczeń z powierzchni, a następnie oznacza się je kalorymetrycznie) [7]. Stosuje się szereg metod przygotowujących powierzchnie do klejenia, do podstawowych zaliczamy metody mechaniczne, chemiczne, termiczne oraz elektrochemiczne [5,6]. Natomiast z punktu widzenia ingerencji w strukturę dzielimy na metody aktywne oraz pasywne.



Rys.1 Zwilżanie powierzchni elementów klejonych [3] (v-kierunek nanoszonego kleju)

Pierwsze z nich polegają usunięciu zanieczyszczeń organicznych, nieorganicznych, zewnętrznych warstw granicznych oraz częściową ingerencję w strukturę materiału rodzimego (zwiększa to zwilżalność, chropowatość oraz właściwości adhezyjne). Czasami też metody te polegają na przygotowaniu nowej powierzchni o lepszych właściwościach adhezyjnych. Metody pasywne polegają tylko na usunięciu zanieczyszczeń wymienionych wcześniej przy okazji metod aktywnych [8]. Najczęściej jednak jedynym etapem przygotowania powierzchni jest samo odtłuszczenie. W tym celu stosuje się rozpuszczalniki organiczne oraz związki powierzchniowo czynne. Najskuteczniejsze odtłuszczenie uzyskuje się przez stosowanie oparów rozpuszczalników, myjek elektrolitycznych, ultradźwiękowych i komorowych. Nie zaleca się za to stosowanie benzyny ekstrakcyjnej oraz wodnych środków myjących na bazie zasadowej bądź kwaśnej (zawierają frakcje tłuszczowe np. niewielkie ilości silikonów które wpływają niekorzystnie na połączenia klejowe) [5,6,9]. Gdy samo odtłuszczenie nie jest wystarczające stosuje się także płukanie wodą czy też rozpuszczalnikami, które mają na celu usunięcie pozostałości środków chemicznych. Całość kończy się dokładnym suszeniem powierzchni [4].

1. METODY OCZYSZCZANIA WARSTWY WIERZCHNIEJ

1.1. Metody mechaniczne

Metody mechaniczne usuwają zanieczyszczenia, zmieniając dodatkowo reaktywność oraz topografię powierzchni. Do najpopularniejszych metod należą: szlifowanie, obróbka ściernymi narzędziami nasypowymi, obróbka strumieniowo-ścierna, skrobanie, szrotkowanie. Dzięki powyższemu sposobom powierzchnia ulega rozwinięciu przez co zwiększa się powierzchnia styku między cząsteczkami kleju a łączonymi materiałami [4]. Istotnym jest by nie wprowadzać nadmiernych ściskających naprężeń własnych (powodują odkształcenia przez co połączenia klejone mają mniejszą wytrzymałość) [5]. Metody te jednak nie zbyt dobrze uaktywniają powierzchnię, dlatego łączone są często z metodami chemicznymi [4].

Obróbka strumieniowo-ścierna zgodnie z definicją jest to uderzanie strumieniem ścierniwa, charakteryzującego się wysoką energią kinetyczną w przygotowywaną powierzchnię. Obróbkę tą dzielimy na szereg metod do których należą min. [7]:

- obróbka strumieniowo-ścierna pneumatyczna- mieszanina powietrza ze ścierniwem jest kierowana z dużą prędkością z dyszy na powierzchnię. Metoda ta nie usuwa dobrze zanieczyszczeń chemicznych.
- obróbka strumieniowo-ścierna wirnikowa- koła rzutowe turbin zaopatrzone w łopatki rzutowe wyrzucają ścierniwo na oczyszczaną powierzchnię. Metoda jest bardzo wydajna, jednakże podobnie jak w przypadku pneumatycznej nie nadaje się do usuwania zanieczyszczeń chemicznych.
- obróbka strumieniowo-ścierna podciśnieniowa- metoda tożsama z metodą pneumatyczną z tą różnicą, że w tym przypadku dysza natryskowa znajduje się w głowicy ssącej przylegającej do powierzchni oczyszczanej (zbiera ścierniwo i zanieczyszczenia). Ta technika również nie nadaje się do usuwania zanieczyszczeń chemicznych.
- obróbka strumieniowo-ścierna pneumatyczna na mokro- podobna w swej istocie do metody pneumatycznej za wyjątkiem dodania cieczy. Stosowana w celu uniknięcia pylenia oraz usuwania związków rozpuszczalnych w zastosowanej cieczy.
- obróbka strumieniowo-ścierna cieczą pod ciśnieniem- ciecz pod ciśnieniem (zawierająca ścierniwo) kierowana jest na oczyszczaną powierzchnię. Niekiedy zamiast jednolitego ścierniwa stosuje się mieszaninę różnych.

- obróbka strumieniowo-ścierna zawieszina ścierną- stosowana głównie w celu uzyskania drobnoziarnistego profilu powierzchni bądź też zapobieżeniu powstania profilu wtórnego. Polega na kierowaniu pompami lub sprężonym powietrzem poprzez dyszę na oczyszczaną powierzchnię ścierniwa będącego zawiesziną w cieczy.

W wyniku zastosowania obróbki strumieniowo ścierniej uzyskujemy profile powierzchni, które znacznie różnią się od tych uzyskanych innymi metodami. Te pierwsze posiadają przestrzenne profile nierówności, natomiast te drugie o charakterze liniowym. O wielkości i kształcie profilu chropowatości decydują takie czynniki jak min. kształt i granulacja ścierniwa, rodzaj i twardość materiału poddane obróbce oraz jego powierzchnia przed procesem obróbki, czas samego procesu oraz energia kinetyczna ścierniwa [7].

1.2. Metody fizyczne na przykładzie osadzania próżniowego PVD

Istnieje wiele odmian i modyfikacji metod PVD, lecz niemal we wszystkich osadzana powłoka powstaje ze strumienia zjonizowanej plazmy kierowanej elektrycznie na stosunkowo zimne podłoże. Zjawiska fizyczne przebiegające podczas tych procesów zachodzą pod ciśnieniem rzędu $10 - 10^{-5}$ Pa. Proces składa się z poniższych etapów (w zależności od odmiany w różnym nasileniu, a czasem może występować nawet brak pewnym etapów) [10]:

- otrzymanie par metali i stopów, które będą stanowić reagenty dla późniejszej reakcji chemicznej (uzyskuje się je poprzez erozję źródła par: rozpylenie, odparowanie)
- jonizacja elektryczna gazów i par metali
- krystalizacja metalu z otrzymanej plazmy
- kondensacja cząstek, atomów, jonów (czyli składników plazmy) na stosunkowo zimnym podłożu
- wspomaganie fizyczne oraz chemiczne zachodzących procesów

Jony oddziałują z ciałem stałym w zależności od swojej energii [11,12]. Najlepiej, gdy mierzy ona od kilku do kilkudziesięciu elektronowoltów, co odpowiada energii wiązania atomów na powierzchni powłoki, co więcej występuje wtedy też desorpcja zanieczyszczeń, powstają defekty powierzchniowe, centra kondensacji, zwiększa się ruchliwość powierzchniowa atomów oraz aktywność chemiczna powierzchni [13]. Połączenie pomiędzy powstałą powłoką, a ciałem stałym ma charakter adhezyjny, bądź co jest o wiele rzadsze adhezyjno-dyfuzyjny [10].

Podstawowe procesu zachodzące przy osadzaniu jonowym:

- oczyszczanie powierzchni [11]:
 - oczyszczanie przez rozpylenie atomów zanieczyszczeń i podłoża (strumieniem jonów)
 - zwiększenie desorpcji (przez nagrzewanie podłoża strumieniem jonów)
 - powstanie defektów w podłożu wraz z aktywacją desorpcji powierzchni podłoża
- pokrywanie:
 - kolejne rozpylenie materiału warstwy i podłoża
 - aktywacja warstwy i powierzchni podłoża (powstają też defekty)

Poniżej przedstawiono podział powłok otrzymywanych dzięki metodzie PVD [10]

Tab.1. Podział powłok otrzymywanych dzięki metodzie PVD[10]

RODZAJ POWŁOKI		SKŁAD
PROSTE (powłoki jednowarstwowe)		Składają się z jednego materiału (np. Al., Cr, Mo, Cu, Ag, Au), bądź fazy (np. TiN, TiC)
ZŁOŻONE	stopowe	Podsieć jednego pierwiastka metalicznego jest częściowo wypełniona innym pierwiastkiem metalicznym np. Ti(C,N) i (Ti,Al.)N [74]
	wielofazowe	Mieszanina dwóch lub więcej rozdzielnych faz np. TiN/TiN ₂
	kompozytowe	Mieszanina dwóch lub więcej faz (jedna faza jest dyskretnie rozproszona w innej fazie ciągłej) np. TiC/Al ₂ O ₃
	wielowarstwowe	Nalożone na siebie warstwy różnych materiałów np. TiN/AlN
	gradientowe	Zmiana składu chemicznego i właściwości poszczególnych warstw zachodzi w sposób płynny np. TiN/Ti(C,N)/TiC

WNIOSKI

Przygotowanie powierzchni elementów łączonych jest pierwszym etapem procesu klejenia. W znaczący stopniu decyduje on o trwałości połączenia, a jego pominięcie powoduje zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej. Łączone warstwy różnią się od siebie pod względem fizycznym jak i chemicznym (struktura geometryczna czy też skład i struktura chemiczna). Zdolności adhezyjne rosną wraz z usunięciem zanieczyszczeń (organicznych, nieorganicznych takich jak osady, pyły, tłuszcze, smary, oleje, zaadsorbowana woda i gazy).

BIBLIOGRAFIA

1. PN-87/M-04256/02 Specyfikacje geometrii wyrobów. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni
2. Żenkiwicz M.: Adhezja i modyfikowanie warstwy wierzchniej tworzyw wielkocząsteczkowych, WNT, Warszawa, 2000
3. Czaplicki J., Ćwikliński J., Godzimirski J., Konar P.: Klejenie tworzyw konstrukcyjnych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1987
4. Mirski Z., Piwowarczyk T.: Podstawy klejenia, kleje i ich właściwości, Przegląd Spawalnictwa – Klejenie, 2008, 8, 16-18, Dostępny w Internecie: <http://www.pspaw.ps.pl/pliki/Numery/200808_PSpaw.pdf>
5. Piwowarczyk T.: Zwiększanie oddziaływań adhezyjnych i kohezyjnych w połączeniach klejowych węglików spiekanych ze stałą C45, Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2008
6. Pilarczyk J.: Procesy spajania, Poradnik Inżyniera Spawalnika, t. 2, WNT, Mirski Z.: Klejenie materiałów, Warszawa, 2005
7. Piosik T., Zyzak P.: Wybrane zagadnienia obróbki strumieniowo-ściernej, VII Konferencja Odlewnicza Technical 2004, 23-24, 26-28
8. Petrie E., M.: Handbook of adhesives and sealants, McGraw-Hill, New York, 2000
9. Mirski Z., Piwowarczyk T.: Klejenie metali, Przegląd Spawalnictwa 2003, 6
10. Burakowski T., Wierchoń T.: Inżynieria powierzchni metali, WNT, Warszawa, 1995

11. Michalski A.: Metody PVD stosowane do nanoszenia warstw materiałów twardych i trudno topliwych na narzędzia skrawające, Metaloznawstwo, obróbka cieplna 1986, 79, 18-23
12. Sokołowska A.: Niekonwencjonalne środki syntezy materiałów, PWN, Warszawa, 1991
13. Drwięga M., Lipińska E.: Zastosowanie wiązek jonowych do modyfikowania warstwy wierzchniej ciał stałych, ze szczególnym uwzględnieniem metody IBAD- Ion Beam Assisted Deposition, realizowanej w IFJ, Raport nr 1583/AP Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków, 1992

METHODS FOR PREPARING THE SURFACE LAYER OF ADHESIVE CONNECTIONS

Abstract

The article presents the idea of preparation the surface layer of adhesive connections and selected methods of preparation of this layer: mechanical and physical. This process is very important because it is critical in the stability of obtained adhesive connection. In the case of negligence it may occur in weakening of durability, and in the worst case, disconnection of layers and structural damage.

Autor:

Mgr inż. **Sławomir Sommer** - doktorant, Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, slawomirsommer@gmail.com