

1 Incollaggi

La solita tabella è piuttosto severa nei confronti dell'incollaggio che è considerato una soluzione valida solo per quanto riguarda la varietà geometrica dei giunti che possono essere realizzati e la possibilità di giuntare componenti piccoli. Per contro, è la tecnica cui sono assegnati il maggior numero di 3. La mia impressione è che l'evoluzione recente nel settore delle colle potrebbe giustificare una valutazione migliore.

2 Tutti i processi discussi finora hanno utilizzato un metallo per stabilire una giunzione tra due parti metalliche. Il legame adesivo differisce per il fatto che il materiale del giunto è un polimero o, meno frequentemente, una ceramica.

La formazione di leghe non è possibile e la forza di adesione dipende interamente dall'adesione della colla al substrato metallico e alla forza dell'adesivo stesso.

L'adesione tra superfici metalliche e polimeriche non è completamente compresa ma è chiaro che possono entrare in gioco solo forze di legami secondari.

La forza del legame è, in generale, inferiore a quando si stabiliscono legami primari (metallici, covalenti o ionici) e la progettazione dei giunti deve tenerne conto.

3 La giunzione adesiva presenta molti vantaggi: sono coinvolte solo basse temperature, quindi non si verificano cambiamenti indesiderati nella maggior parte dei materiali del substrato; la superficie esterna rimane liscia; possono essere uniti materiali diversi e piccoli spessori; l'adesivo contribuisce all'assorbimento di energia con i carichi impulsivi e in presenza di vibrazioni; e, non ultimo, assemblaggi complessi possono essere realizzati a basso costo.

La tecnologia della giunzione incollata è avanzata al punto che le strutture portanti possono essere costruite in modo affidabile. Le applicazioni includono strutture critiche come le superfici di controllo negli aerei, interi corpi di aerei e innumerevoli applicazioni nel settore automobilistico, degli elettrodomestici e dei beni di consumo.

Inoltre, gli adesivi vengono utilizzati anche per sigillare, smorzare le vibrazioni, isolare e altre applicazioni non strutturali.

Il nostro interesse è verso le applicazioni portanti, per le quali viene utilizzata una classe di adesivi denominati adesivi strutturali.

4 La terminologia è alquanto imprecisa, ma un adesivo strutturale è usato per stabilire una giunzione permanente ad alta resistenza tra due parti.

Si assume che il giunto conservi la sua capacità portante per un lungo periodo di tempo e in un'ampia varietà di condizioni ambientali spesso ostili.

Un adesivo strutturale deve possedere un numero di attributi desiderabili; molti di questi sono legati alle proprietà dei polimeri.

5 1. L'adesivo deve avere sufficiente forza coesiva alle temperature di servizio.

La resistenza al taglio è determinata dalla composizione ma, per le applicazioni a lungo termine, la resistenza al creep, che è generalmente inferiore alla resistenza a breve termine, è molto importante.

Molti adesivi sono termoindurenti in cui il grado di reticolazione può essere aumentato per aumentare la resistenza al creep, sebbene di solito a scapito della flessibilità del giunto.

Ad esempio, con gli epossidici una distanza media < 2 nm dà un legame forte ma fragile; si ottiene una certa tenacità aumentando la separazione a circa 3 nm e $a > 3$ nm il legame diventa tenero e flessibile.

6 La resistenza al creep può essere aumentata anche con l'aggiunta di materiali di rinforzo (filler). Questi sono particolarmente importanti nei materiali termoplastici ma sono anche usati per migliorare la resistenza all'impatto dei termoindurenti.

2. L'adesivo deve essere in grado di distribuire le sollecitazioni imposte in servizio.

La flessibilità aiuta a ridurre le concentrazioni di tensione, rende la giunzione più resistente alla fatica ed evita la separazione catastrofica improvvisa in caso di cedimento del giunto.

Anche in assenza di carico meccanico, durante il ciclo termico si generano sollecitazioni poiché i polimeri hanno coefficienti di dilatazione termica più elevati rispetto ai metalli. Anche in questo caso è utile la flessibilità e i filler possono essere utilizzati per ridurre l'espansione termica fino al 75%.

7 3. L'adesivo non deve degradarsi, per esempio a seguito di scissioni di catene causate dall'acqua (idrolisi) o radiazione ultravioletta; ossidazione, incendio, frattura, perdita di coerenza a temperatura operativa (degradazione termica) o fratture da tensocorrosione o dissoluzione in alcuni fluidi.

4. Molti adesivi vengono applicati come liquidi e devono quindi avere una viscosità sufficientemente bassa per fluire nelle aree comuni ma non così bassa da uscire dal giunto. Con i materiali termoplastici questo richiede un riscaldamento superiore a T_g ; con i termoindurenti viene impiegato un prepolimero che reticola e polimerizza dopo l'applicazione.

Una diminuzione temporanea della viscosità a taglio (tixotropia) è utile.

8 5. Lo sviluppo dei legami adesivi richiede la bagnabilità delle superfici aderenti. La bagnabilità è un fenomeno superficiale, che dipende in larga misura dalla natura della superficie dell'aderente, dalla presenza di film superficiali assorbiti e dalla migrazione di alcuni componenti dell'adesivo sulla superficie.

In alcuni casi il cedimento improvviso e catastrofico può avvenire dopo un po' di tempo.

I grafici mettono in relazione la resistenza a taglio per varie categorie di adesivi in funzione della temperatura. Si può notare che per molti di essi già a 100-150°C la resistenza meccanica risulta compromessa.

9 Giunti strutturali di alta qualità possono essere realizzati solo se tutte le fasi del processo sono completamente controllate.

1. La progettazione del giunto deve prendere in considerazione i limiti del legame adesivo.

2. La preparazione della superficie è fondamentale.

I film organici superficiali sono dannosi per la maggior parte degli adesivi. Le pellicole di ossido sono dannose se poco legate, mentre un film di ossido poroso fortemente legato o un rivestimento di conversione è utile.

Speciali tecniche di preparazione della superficie sono state sviluppate per promuovere l'adesione e prevenire reazioni indesiderate che possano portare alla separazione dei legami a lungo termine.

10 Primer e promotori dell'adesione sono necessari quando c'è un ritardo tra la preparazione della superficie e l'applicazione dell'adesivo.

3. La rugosità superficiale può essere desiderabile poiché determina un'area di contatto più ampia e provoca un collegamento meccanico. Tuttavia, i film superficiali sono difficili da rimuovere dagli avvallamenti; anche l'aria può rimanere intrappolata e il legame viene quindi limitato alle asperità.

Gli adesivi sono spesso classificati in base alla loro modalità di azione o al loro raggruppamento chimico; per il nostro scopo, il raggruppamento basato sul metodo di applicazione è il più pertinente.

11 Metodi di applicazione

Un buon legame adesivo è, in generale, più forte del corpo più debole, che può essere uno degli aderenti o l'adesivo stesso. Pertanto, la forza massima si ottiene solitamente con pellicole molto sottili, ma non troppo. Ciò è garantito dal metodo di applicazione corretto.

1. Gli adesivi depositati a caldo sono polimeri termoplastici. Per assicurare bagnabilità e alta fluidità, il polimero viene riscaldato ben al di sopra della T_g e applicato in gocce o continuo alle superfici da unire mediante un'apposita attrezzatura. Il rapido raffreddamento stabilisce rapidamente un legame. La flessibilità del legame è controllata scegliendo un polimero appropriato.

12 La resistenza all'acqua è elevata ma la resistenza al calore e al creep tendono ad essere basse; poliammidi e poliesteri sono adatti per applicazioni ad alte temperature. Sono applicati nei settori delle costruzioni, degli imballaggi, arredamento e calzature.

13 2. I nastri e i film termoindurenti vengono applicati a temperatura ambiente e polimerizzati a temperatura elevate. Sono composti da un polimero ad alto peso molecolare che funge da spina dorsale come un vinile flessibile, neoprene o gomma nitrilica e una resina a basso peso molecolare come un'epossidica o fenolica che reticola grazie a un catalizzatore. Per evitare un eccessivo assottigliamento, può essere utilizzata una rete di supporto di materiale di rinforzo come fibra di vetro.

Viene applicata una certa pressione e vengono prodotte giunzioni affidabili di buona tenacità. Diverse migliaia di chilogrammi di tali adesivi vengono utilizzati nella costruzione di un grande aereo.

La tecnica viene utilizzata anche per l'incollaggio di rivestimenti dei freni, per la stratificazione di parabrezza e per una varietà di applicazioni costruttive.

14 3. Le paste sono costituite da polimero e spesso contengono anche riempitivi.

Le categorie più frequenti sono le resine epossidiche bicomponenti che polimerizzano a temperatura ambiente, le epossidiche monocomponente termoindurenti, le acriliche o i poliuretani flessibili, con catalizzatore aggiunto prima dell'applicazione.

Sono spesso usate nell'industria automobilistica e degli elettrodomestici per legare all'acciaio elastomeri, fibre, tessuti e plastiche rinforzate con fibre, nonché per legami metallo-metallo.

Sono applicate con sistemi progettati per gestire fluidi ad alta viscosità.

15 4. Gli adesivi anaerobici sono liquidi monomerici che hanno l'insolita proprietà di polimerizzare in assenza di aria. Sono conservati in contenitori permeabili all'aria e polimerizzati quando applicati in uno spazio ristretto che esclude l'ossigeno. Quindi sono ampiamente utilizzati come sigillanti e per trattenere filettature (frenafilletti) e altri elementi di fissaggio (ad esempio, Loctite).

16 5. Gli adesivi che reticolano a contatto con l'umidità includono cianoacrilati, fluidi a bassa viscosità che polimerizzano a contatto con superfici umide o ossidate (quindi si legano istantaneamente alla pelle umana). Hanno bassa resistenza alla pelatura e alle alte temperature ma sono utili nell'industria elettronica e per unire gomma o plastica ai metalli. Anche alcuni poliuretani e siliconi reticolano in presenza di umidità.

6. I liquidi contengono solitamente un solvente

Così, i plastisol di PVC (sospensione di particelle in un liquido plasticizzatore), talvolta resi più resistenti con resina epossidica, vengono utilizzati per l'assemblaggio di cofani di automobili, coperchi di bauli, tetti, mobili e rivestimenti per elettrodomestici. Possono essere applicati a pennello, spray, stampa, ecc., ma il solvente può creare un problema ambientale.

17 7. Le emulsioni acquose di polimeri, come il poliacetato di vinile (colla Bianca, Vinavil) necessitano di un substrato poroso per consentire la rimozione dell'acqua.

8. Gli adesivi conduttivi rappresentano una classe separata. Per la conduzione elettrica, la plastica (solitamente epossidica) viene riempita con fiocchi d'argento fino all'85%; per la conduzione termica, viene aggiunta polvere fino al 75% di ceramica (allumina).

È evidente dalla presentazione che il giunto adesivo è un sistema composto da aderenti, ossido di metallo, primer, adesivo e l'ambiente. Pertanto il controllo totale dell'applicazione è fondamentale.

Nelle applicazioni critiche, come la costruzione di aerei, la presenza e la continuità di legami è verificata con le tecniche NDT.

18 Le figure confrontano varie soluzioni di giunti incollati. Poiché, a parità di area di giunzione, questi giunti sono meno resistenti, il primo obiettivo dovrebbe consistere nell'aumentare l'area resistente. Un secondo obiettivo (passaggio da good a very good) consiste nel fare in modo che le variazioni di sezione sia progressive anziché brusche.

19 Anche queste figure mostrano possibili configurazioni di giunti incollati. La sovrapposizione permette grandi aree di giunzione.