

2. Adhesivos

2.1 Introducción.

El estudio en profundidad de los adhesivos, requiere el conocimiento de los factores que influyen en el proceso de formación de la unión adhesiva. Estos factores deben ser estudiados con sumo cuidado, antes de realizar una unión, pues de ellos dependerá el éxito o fracaso de la unión.

A continuación presentamos las siguientes definiciones:

-Adhesivo: toda sustancia capaz de unir materiales por el contacto de sus superficies (adhesión), proporcionando a la unión una resistencia interna adecuada(cohesión).

-Fraguado: proceso en el curso del cual un adhesivo desarrolla su fuerza de cohesión y, por tanto, sus propiedades físicas y químicas. El desarrollo de las propiedades puede tener lugar por cambios físicos (gelificación, hidratación, enfriamiento, evaporación de los componentes volátiles), y por reacciones químicas (polimerización, reticulación, oxidación, vulcanización).

La gran variedad de bases químicas de los adhesivos y la diversidad de sustratos posibles, requiere distintos tratamientos superficiales y condiciones de curado, según el tipo de unión que se vaya a realizar.

En este capítulo se presentan los principales conceptos relacionados con adhesivos, así como los diferentes factores que influyen en la unión adhesiva.

2.2 Tipos de adhesivos.^{(2) (6)}

Los adhesivos se pueden clasificar de distintas maneras, siendo entre otras:

- Respecto a su composición química.
- Estado físico (líquido, sólido, en polvo etc.)
- A su modo de aplicación.
- Método de curado o fraguado.
- Según los materiales a unir.
- Los métodos de adherencia.
- Las propiedades mecánicas ejercidas en la unión.
- La durabilidad en servicio.

Y en particular también podremos clasificarlos atendiendo al destino en que van a ser utilizados.

Comenzamos así a clasificar a los adhesivos conforme a la norma europea EN 923:1998 Adhesivos. Términos y definiciones, atendiendo a su componente principal, que llamamos ligante, este componente es el primer causante de la adhesión y cohesión del adhesivo y a su naturaleza física.

Tipos de adhesivos y sus principales componentes

Adhesivo (naturaleza física)	Ligante	Número de componentes ⁽¹⁾	Fraguado en caliente (h) frío (c) ⁽¹⁾	Notas
Cola ⁽²⁾	Almidón, Dextrina Éteres de celulosa Caseína Ésteres del ácido poliacrílico Alcohol polivinílico Polivinil pirrolidona	1	c	los disolventes volátiles (principalmente agua) se evaporan durante el fraguado
	Glutina	1	h	
En pasta ⁽²⁾	Almidón	1	c	
	Éter de celulosa, Derivados acrílicos			
Con disolvente y en dispersión ⁽²⁾	Caucho natural, caucho sintético de baja polaridad, por ej.: caucho butadieno-estireno Copolímeros butadieno-acrilonitrilo Policlorobutadieno Poliuretano Acetato de polivinilo Copolímeros de acetato de vinilo Polivinil propional Ésteres del ácido poliacrílico Éter polivinílico Cloruro de polivinilo Copolímeros de cloruro de vinilo Copolímeros de cloruro de vinilideno Poliéster Poliestireno Éster del ácido estireno-acrílico	1, (2)	c, h	los disolventes volátiles o los agentes de dispersión se evaporan ampliamente antes o durante el fraguado
	Plastisoles de cloruro de polivinilo	1	h	sin disolventes volátiles ni agentes de dispersión
Termofusibles ⁽²⁾	Caucho de butadieno-estireno Caucho de estireno-isopreno Acetato de vinil-etileno Acetato de vinilo / viniléster Poliamida, poliamidoaminas Poliéster	1	h	

Tipos de adhesivos y sus principales componentes

Adhesivo (naturaleza física)	Ligante	Número de componentes ¹	Fraguado en caliente (h) frío (c)	Notas
Reacción ⁽³⁾	Silicatos solubles	1, (2)	c, (h)	los disolventes volátiles o el agua se evaporan junto con los productos de conversión formados durante el fraguado
	Cemento hidráulico	1, (2)	c	
	Resinas fenólicas, de melamina, de urea, de formaldehído, solubles en agua	2, (1)	h, c	
	Resina fenólica con polivinil acetales o con caucho nitrilo	1, 2	h	los productos de conversión volátiles se evaporan durante el fraguado
	Poliamidas, polibenzimidazoles	2	h	
	Resinas de silicona, endurecimiento por humedad	1	c	
	Resinas de poliéster insaturado, Derivados vinílicos y acrílicos	2	c	los componentes reactivos volátiles se incorporan al plano de pegado por vía química
	Ácido dimetil acrílico / diolésteres, fraguado anaeróbico	1	c	sin componentes volátiles
	Ésteres del ácido ciano acrílico	1	c	
	Poliisocianatos, endurecimiento por humedad	1	c	
	Poliisocianatos / polioles	2	c, (h)	
	Epoxi / poli (amido)aminas	2	c, (h)	
	Epoxi / ácido anhídrico	2	h	
	Resinas epoxi especiales	1	h	
NOTA:				
(1) Las soluciones alternativas se indican entre paréntesis.				
(2) Fraguado físico o físico-químico.				
(3) Fraguado químico.				

(Fin)

2.3 Mecanismos de curado de adhesivos. ⁽⁷⁾

Es posible clasificar los adhesivos en los siguientes grupos, según sus propiedades de curado:

- Reacción anaeróbica.
- Exposición a la luz ultravioleta (UV).
- Reacción aniónica (cianoacrilatos).
- Sistemas de activación (acrílicos modificados).
- Curado por humedad (siliconas, poliuretanos).
- Curado térmico (epoxis).

2.3.1 Adhesivos curados por reacción anaeróbica.

Los adhesivos anaeróbicos, curan a temperatura ambiente cuando se les priva de contacto con el oxígeno.

El componente de curado permanece inactivo mientras está en contacto con el oxígeno atmosférico. Si al adhesivo se le priva de oxígeno atmosférico, por ejemplo al acoplar las piezas, el curado se produce rápidamente, especialmente entre piezas metálicas.

El curado del adhesivo también viene estimulado por el contacto entre las superficies del adhesivo y del metal, que funciona como catalizador. Los materiales pasivos, sólo tienen, un ligero efecto catalizador, que requiere el uso de activadores para lograr un curado rápido y completo. En este caso el activador se aplica a uno o ambos lados de la unión, antes de aplicar el adhesivo. De esta forma, no se mezclan componentes ni se ve afectada su vida útil.

En la tabla siguiente se indican algunos ejemplos de materiales activos y pasivos:

Materiales activos Curado rápido	Materiales pasivos Curado más lento (Se usa activador para una unión rápida)
Latón Bronce Cobre Hierro Acero	Revestimientos anódicos Aluminio (de bajo contenido en cobre) Cerámica Capas de cromato Vidrio Acero de alta aleación Níquel Capas de óxido Plásticos Plata Acero inoxidable Estaño Zinc

Especialmente, la rapidez en que el curado se produce en los adhesivos anaeróbicos, se ve afectado por:

- Los sustratos a unir (figura 2.1.a).
- La holgura entre las piezas a unir (figura 2.1.b).
- La temperatura (figura 2.1.c).
- El activador (figura 2.1.d).

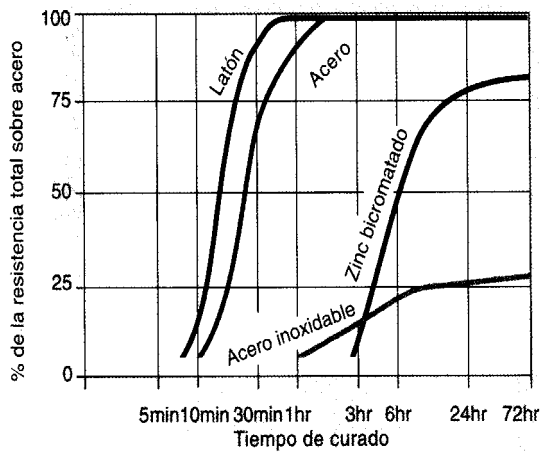


Figura 2.1.a.

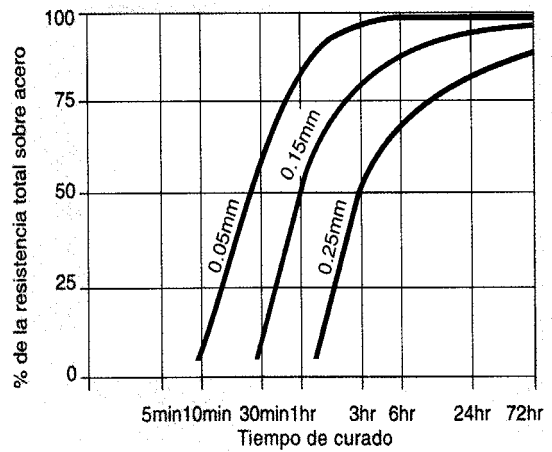


Figura 2.1.b.

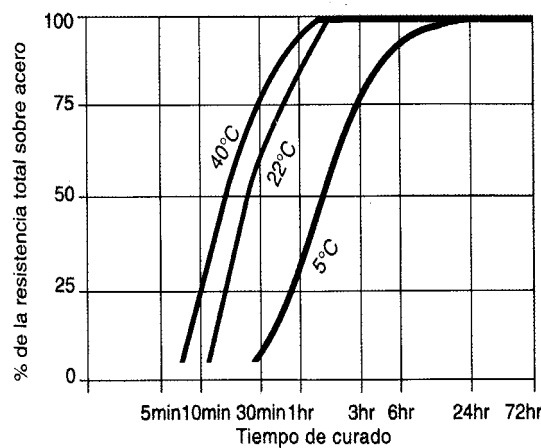


Figura 2.1.c.

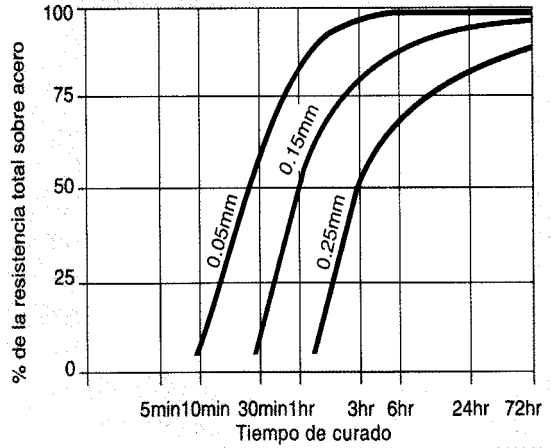


Figura 2.1.d.

Figura 2.1 Diferencias de las variables en el curado.

Las aplicaciones de los adhesivos anaeróbicos son entre otras:

- Fijación de roscas.
- Sellado de roscas.
- Juntas (Sellado de bridas).
- Retención (unión de piezas cilíndricas).
- Unión adhesiva.

2.3.2 Adhesivos curados por luz ultravioleta (UV).

El tiempo de curado de estos adhesivos depende de la intensidad y de la longitud de onda de la luz UV. Por este motivo, la polimerización iniciada por luz UV, siempre requiere una coordinación exacta entre el producto y la fuente de radiación UV.

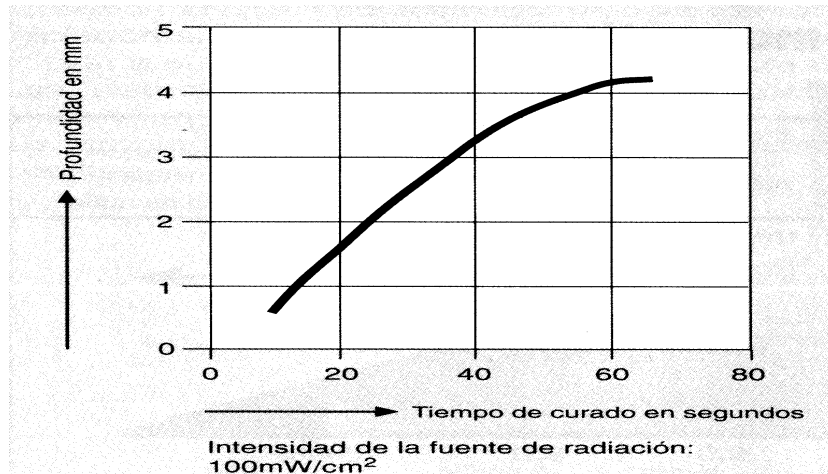


Figura 2.2 Comportamiento de curado típico de los productos UV, durante el curado en profundidad.

Las necesidades del proceso de curado por UV, suelen dividirse en tres tipos:

Curado en profundidad por radiación UV	Las lámparas ultravioleta, que emiten luz de alta intensidad, en la banda de longitudes de onda de 300 a 400 nm, son mejores para conseguir una mayor profundidad de curado.
Curado superficial por UV	El curado superficial es especialmente importante, cuando se rellena o se une con adhesivos UV. Si se utilizan sistemas de lámparas UV inadecuados, la superficie puede quedar pegajosa.
Sistemas de curado secundario	En numerosas aplicaciones, la luz UV no llega a todas las zonas mojadas por el adhesivo, entonces se requiere de sistemas de curado secundarios, para las zonas no expuestas a la luz UV.

Como se ha indicado, el curado del adhesivo por radiación UV, depende de que la intensidad y la longitud de onda sean correctas en la línea de unión. Por tanto, la transparencia de los diferentes substratos a la luz UV, es un importante criterio de selección del adhesivo.

Las aplicaciones típicas de los selladores y adhesivos que curan por luz UV, son:

- Unir vidrio con vidrio, o con metal.
- Unir plásticos transparentes.
- Sellar componentes electrónicos.
- Unir componentes electrónicos o placas de circuitos impresos.
- Revestimientos de placas de circuitos impresos.
- Sellar / unir en aplicaciones a altas temperaturas.
- Retener piezas metálicas y curar el exceso de adhesivo por UV para fijación rápida.
- Unir piezas plásticas y metálicas y curar el exceso de adhesivo por luz UV para una fijación rápida.

2.3.3 Adhesivos curados por reacción aniónica. Cianocrilatos.

Los adhesivos de cianocrilatos monocomponentes polimerizan al contacto con superficies alcalinas. En general, la humedad ambiental existente en el aire y sobre la superficie de unión, es suficiente para iniciar el curado en pocos segundos. Los mejores resultados se consiguen cuando la humedad relativa del entorno de trabajo está entre el 40% y un 60% a temperatura ambiente. Cuanto más baja es la humedad, más lento el curado; y a mayor humedad puede perjudicarse la resistencia final de la unión. Las superficies ácidas, con $\text{pH} < 7$, pueden retrasar incluso impedir el curado, mientras que las superficies alcalinas, $\text{pH} > 7$, lo aceleran.

Después de aplicar el adhesivo, las piezas han de unirse rápidamente, ya que la polimerización se inicia en pocos segundos. El tiempo de apertura depende de la humedad relativa, de la humedad de las superficies de unión y de la temperatura ambiente.

Las aplicaciones típicas de los adhesivos de cianocrilato son:

- Uniones adhesivas en general, especialmente con sustratos porosos y superficies ligeramente ácidas.
- Uniones adhesivas en general, especialmente con plásticos de difícil unión, fijación muy rápida.
- Unir materiales diferentes.
- Unir metal con metal u otros materiales.
- Unir varios sustratos, estabilidad óptima al envejecimiento térmico y a la temperatura.

La gráfica siguiente, representa el curado de los adhesivos de cianocrilato en función de la humedad relativa:

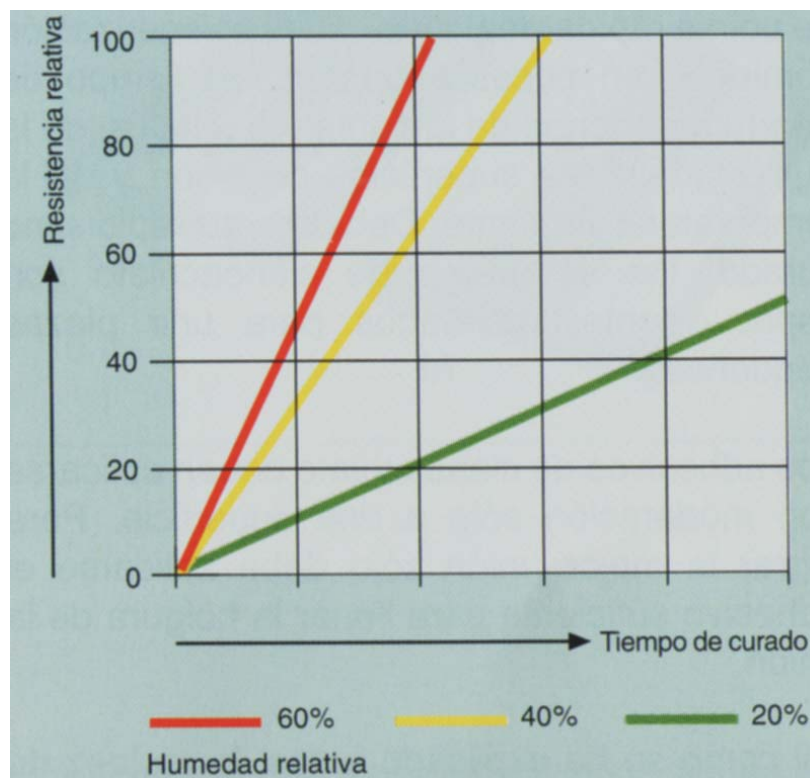


Figura 2.1 Curado de los adhesivos de cianocrilato en función de la humedad relativa.

2.3.4 Adhesivos curados mediante activadores. Acrílicos modificados.

Estos adhesivos curan a temperatura ambiente cuando se usan con activadores. Según el adhesivo, éste y el activador pueden aplicarse por separado a las superficies de unión o combinarse previamente en una mezcladora estática antes de su aplicación.

Si el adhesivo tiene una vida útil de 5 minutos o más, también puede utilizarse con una mezcladora estática. Esto tiene la ventaja de que se dosifica el adhesivo ya mezclado y la mezcla no depende del movimiento de unión de las piezas.

Los adhesivos acrílicos modificados tienen en general las siguientes características:

- Muy alta resistencia al cizallamiento y a la tracción.
- Buena resistencia al impacto.
- Amplia gama de temperaturas útiles.
- Pueden unir casi todos los materiales.
- Buena capacidad de relleno de holgura.
- Buena resistencia ambiental.

2.3.5 Adhesivos curados por la humedad ambiental.

Estos adhesivos / selladores polimerizan (en la mayoría de los casos) por una reacción de condensación que supone una reacción con la humedad ambiente.

En esta categoría se encuentran tres tipos generales de productos químicos:

-Siliconas.

-Poliuretanos.

Siliconas.

Estos materiales vulcanizan a temperatura ambiente, al reaccionar con la humedad ambiental. Las siliconas utilizan la molécula de agua como base de su entrecruzamiento. Esto significa que la humedad ha de migrar al interior de la silicona hasta el lugar donde se produce la vulcanización. Una vez integrada la molécula de agua en el enlace entre las moléculas de silicona, se libera un subproducto. Según cual sea la química del curado el subproducto liberado será diferente.

La velocidad de curado de estos adhesivos depende principalmente de la humedad relativa. Debido a la naturaleza del mecanismo de curado, las siliconas vulcanizan desde el exterior hacia el interior de la línea de unión. Debido a la necesaria migración de la humedad al punto de enlace, la profundidad de curado se limita a 10-15 mm.

Las características principales de las siliconas son, entre otras:

-Excelente resistencia térmica (más de 230°C).

-Flexible, tenaz y alta capacidad de alargamiento.

-Selladores eficaces para diversos tipos de fluidos.

-Excelente relleno de holgura.

Algunas aplicaciones típicas para las siliconas, son:

-Formación de juntas y sellado.

-Sellado en aplicaciones a altas temperaturas.

-Sellado y unión adhesiva (especialmente en piezas pequeñas).

-Revestimiento de placas de circuitos impresos.

En la siguiente figura, se representa una unión típica, realizada con una silicona:

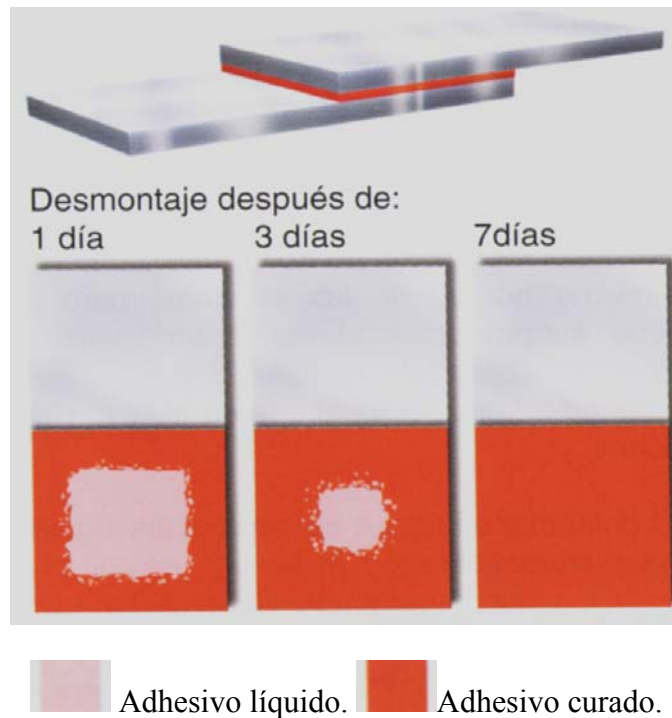


Figura 2.2 Unión típica realizada con una silicona.

Poliuretanos.

Al igual que en el caso de las siliconas, los poliuretanos utilizan la molécula de agua, como base de su entrecruzamiento. La molécula de agua ha de migrar al interior del adhesivo, donde se produce el enlace. Su comportamiento de curado es por ello el mismo de las siliconas, pero sin liberar subproductos al medio ambiente. La velocidad de curado también depende de la humedad relativa, al igual que en el caso de la silicona.

Los poliuretanos tienen, en general, las siguientes características:

- Excelente tenacidad.
- Flexibilidad y alta capacidad de alargamiento.
- Excelente capacidad de relleno de holgura.
- Pueden pintarse, una vez se ha producido el curado.
- Excelente resistencia química.

Aplicaciones típicas de los poliuretanos:

- Uniones adhesivas.
- Sellado.

2.3.6 Adhesivos curados por calor.

Los adhesivos que curan por calor son principalmente monocomponentes. Los epoxis de curado térmico son ejemplos típicos. Constan principalmente de resina y endurecedor. La temperatura de curado depende del endurecedor, siendo la habitual de 100°C.

El tiempo de curado está relacionado con la temperatura de curado: cuanto más alta es la temperatura, menor es el tiempo. Normalmente es necesaria una temperatura mínima para activar el endurecedor e iniciar la polimerización.

Los adhesivos de curado por calor abarcan una amplia gama de propiedades y dependen, en gran manera, de la base química (p.ej. epoxis, metacrilato).

Los típicos epoxis de curado térmico suelen tener las siguientes características:

- Resistencia entre media y alta.
- Buena adhesión a diversos sustratos.
- Buena capacidad de relleno de holgura.
- Resistencia al ambiente buena o muy buena.

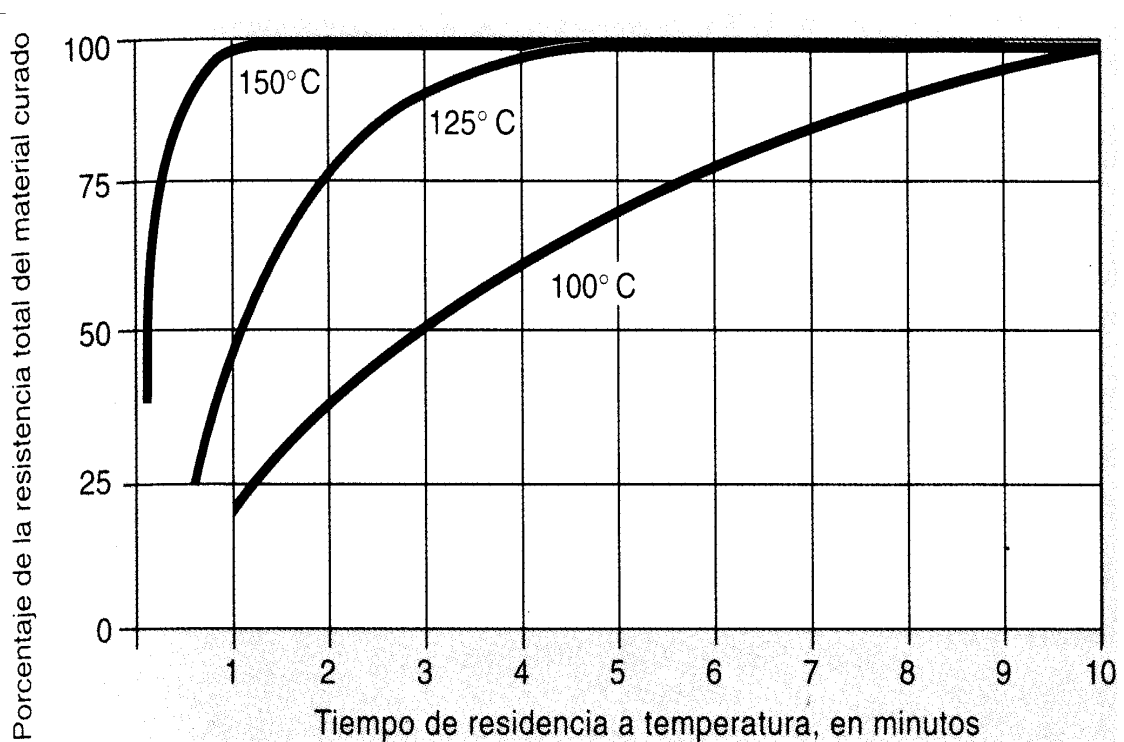


Figura 2.3 Tiempo de curado en función de la temperatura.

2.4 Selección de adhesivos.⁽³⁾

La adecuada selección de un adhesivo para una aplicación estructural concreta, debe estar basada en una serie de consideraciones.

Influirán en la adecuada selección de adhesivos, el tipo y estado de agregación del adhesivo, el modo de curado (temperatura, tiempo) y el modo de aplicación en el proceso de producción. Todos estos factores, así como el tipo de estructura (material, forma etc), serán decisivos para la elección del adhesivo, y poder realizar de esta forma un método adecuado de trabajo.

2.4.1 Material de los sustratos a unir.

En el mercado existen numerosos adhesivos pero dependiendo del material de los sustratos a unir, se debe seleccionar el adhesivo. Pues hay adhesivos que, aún siendo apropiados para unir materiales de muy diferentes propiedades, según las solicitaciones a las que vaya a estar sometida, serán más idóneos un tipo u otro. Esto es debido a que hay sustratos en los que las fuerzas de adherencia son débiles y requieren de un determinado tratamiento superficial para mejorarlas. Las fuerzas de adherencia, son las fuerzas de atracción que actúan entre el adhesivo y el sustrato.

Debe existir también una afinidad del adhesivo con el material de los sustratos a unir, pues hay adhesivos que contienen ingredientes con grupos reactivos, en los que se debe conocer la afinidad del adhesivo con la superficie, y en algunos casos se producen reacciones químicas.

2.4.2 Funciones específicas de la unión.

En numerosas ocasiones los adhesivos se utilizan para uniones que requieren, de una buena unión mecánica pero hay casos en los que realizan además, una función aislante o de sellado.

Por lo que es un factor muy importante a la hora de seleccionar el adhesivo, conocer todas las funciones a las que va a estar destinada la unión.

Incluso hay uniones que requieren que el adhesivo sea conductor eléctrico ó térmico, y existen en estos casos adhesivos con aditivos que les confieren estas propiedades.

2.4.3 Diseño de la unión.

El diseño de la unión es muy importante a la hora de seleccionar el adhesivo. Dependiendo del tipo de unión y del modo de actuación de las cargas sobre la misma, el adhesivo responderá de modo diferente si es rígido, flexible ó tenaz. Las uniones que proporcionan una distribución uniforme de tensiones entre los adherentes son más resistentes que las uniones en las que se produce una concentración de tensiones. En general, las uniones adhesivas que soportan cargas a cortadura y a compresión son más resistentes que las que soportan cargas de pelado o clivaje.

A la hora de diseñar la unión, las diferencias de flexibilidad y coeficientes de dilatación entre adhesivo y adherente, puede dar lugar a tensiones internas en la línea de pegado. Un ejemplo es cuando se unen chapas delgadas y flexibles, con adhesivos rígidos, incapaces de soportar los momentos flectores que se producen.

El espesor de la capa de adhesivo requerida para la unión, es un factor de mucha importancia, pues como veremos hay adhesivos en los que las resistencias máximas se obtienen con espesores mínimos, y, por tanto, si son usados para espesores elevados, su capacidad para resistir los esfuerzos es menor.

2.4.4 Condiciones de fabricación.

Algunos adhesivos solo son capaces de unir determinados substratos cuando se utiliza una imprimación. En función de esta imprimación necesaria, habrá que tener en cuenta los factores ambientales de servicio que afectaran a la unión, pues como son imprimaciones químicas según sean las condiciones de servicio, serán apropiadas o no.

El proceso de curado es muy importante pues puede requerir de una determinada presión y temperatura, que en ciertos casos, o no es posible aplicar o puede dañar el conjunto estructural.

El tiempo de gel debe ser tenido en cuenta pues una vez superado este el adhesivo no realizará una buena unión, no habrá una buena adhesión y la estructura no será resistente.

El estado de agregación del adhesivo, sólido, líquido ó en pasta, determinará el espesor de la capa de adhesivo que puede ser garantizada, ya que por ejemplo para holguras de cierto tamaño utilizar un adhesivo en estado líquido, sería imposible.

2.4.5 Condiciones de servicio.

Las condiciones de servicio son decisivas a la hora de seleccionar un adhesivo. Así, los márgenes de temperatura de los adhesivos son muy inferiores con relación a otros materiales o métodos de unión, por lo que hay que tener en cuenta las temperaturas de trabajo del conjunto para seleccionar el adhesivo. Las elevadas temperaturas cuando actúan cargas, son otro factor muy influyente a la hora de predecir el colapso de la unión.

Los factores medioambientales afectan también directamente a la resistencia de la unión. Así, adhesivos susceptibles a la humedad se ven aún más sensibilizados cuando actúan bajo cargas.

Hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el adhesivo, los efectos de otros líquidos que puedan estar presentes, como aceites agua de mar, lubricantes hidráulicos etc., que pueden atacar químicamente al adhesivo.

Resumiendo el proyectista debe tener en cuenta y predecir todas las condiciones de servicio a que estará sometida la unión, tanto a corto como a largo plazo.

2.4.6 Requerimientos mecánicos.

Las uniones adhesivas se diseñan para soportar esfuerzos y condiciones según su destino final, por ello conocer los principales modos de sollicitación de la unión nos ayudará a decidir con mayor seguridad un tipo u otro de adhesivo.

-Resistencia a cortadura: Cuando sea preciso utilizar un adhesivo de elevada resistencia a cortadura, se debe utilizar un adhesivo rígido, un epoxi modificado por ejemplo, y a su vez, habrá que considerar si la resistencia al pelado es suficiente.

-Resistencia a pelado y tracción: En estos casos se debe buscar un adhesivo con altas resistencias a pelado, que limitará a su vez la resistencia a cortadura.

-Resistencia al impacto: En muchos casos no se tienen datos de la resistencia al impacto de adhesivos, pero ésta está íntimamente relacionada con la resistencia al pelado, por lo que se deberá elegir un adhesivo de alta resistencia a pelado.

-Deformación: Es importante tener en cuenta la deformación producida por cortadura del adhesivo, sobre todo cuando se ve incrementada por ejemplo, por fluencia.

2.5 Adhesión - Cohesión.⁽⁷⁾

Las uniones adhesivas tienen propiedades que es preciso conocer y comprender para poder realizarlas con mayor efectividad.

Según la Norma Española UNE-EN 923, “Adhesivos términos y definiciones” se van a definir los términos que es necesario conocer para introducirnos en su estudio.

-Adhesión: Es el estado en que dos superficies son mantenidas juntas mediante uniones interfaciales.

-Cohesión: Estado que tiende a asociar entre ellas a las partículas de una sustancia mediante fuerzas de valencia primarias o secundarias.

Es decir, la adhesión son las fuerzas interfaciales que se producen entre el adhesivo y la superficie del adherente. Estas fuerzas son las que mantienen unido el adhesivo al sustrato, y por ello son de suma importancia en la unión adhesiva.

La cohesión, es el estado en el cual las partículas del adhesivo se mantienen juntas. La cohesión del adhesivo es también de suma importancia en el mecanismo de una unión adhesiva, pues es la responsable de mantener unidas las partículas del adhesivo y, por tanto, les confiere la propiedad de resistencia cohesiva del material o unión.

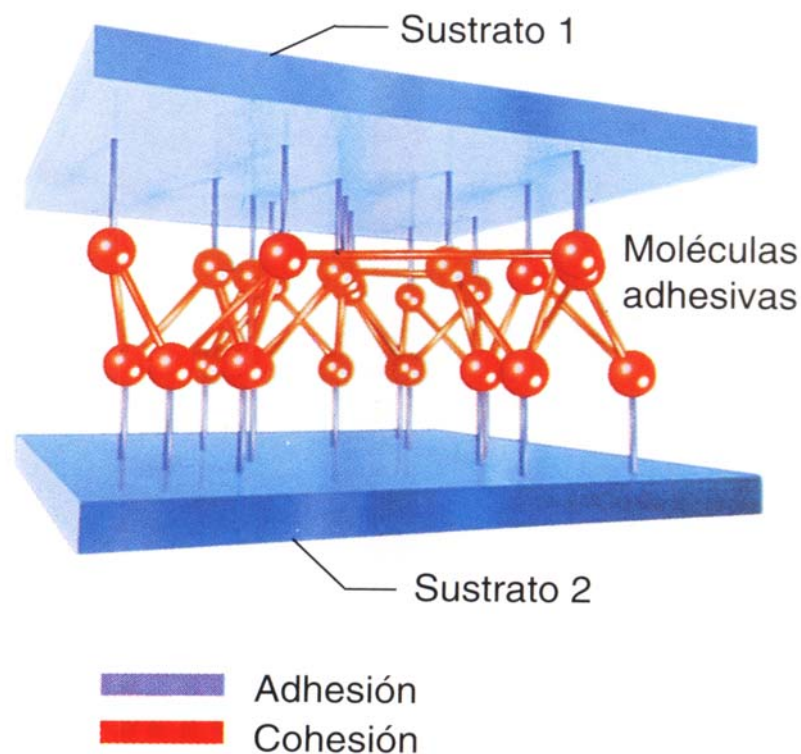


Figura 2.4 Fuerzas de unión en la junta adhesiva.

2.5.1 Fuerzas de adherencia.

Para comprender las técnicas de preparación de superficies y poder seleccionar los adhesivos adecuados, es necesario contar con conocimientos generales del mecanismo de adherencia.

La adherencia se basa en dos tipos de fuerzas enlaces de Van der Waals y uniones químicas.

Las fuerzas de Van der Waals, son la base de la adherencia. Estas fuerzas de atracción actúan entre el adhesivo y el sustrato.

Las fuerzas de adherencia producidas por los enlaces químicos, producen el tipo de adherencia más resistente. Estas fuerzas de adherencia se desarrollan cuando el sustrato tiene grupos químicos que reaccionan con el adhesivo.

Algunos grupos químicos destacan por su capacidad para formar enlaces de Van der Waals. Estos grupos pueden mejorar la adherencia cuando están presentes en el adhesivo o en el sustrato. Entre otros, estos grupos químicos se encuentran los señalados en la siguiente tabla, en orden decreciente aproximado de propiedades de adherencia.

Grupo	Atracción de Van der Waals
Ácido Orgánico	Alta
Nitrilo	Alta
Amida	Alta
Oxhidrilo	Intermedia
Ester	Intermedia
Acetato	Intermedia
Cloruro	Intermedia
Éter	Baja
Etileno	Baja

Los polímeros que tienen bajas propiedades de adherencia pueden mejorarse con la adición de un pequeño porcentaje de un ácido orgánico. Las resinas Epoxi contienen ácidos orgánicos en el polímero curado, que dan adhesiones altas sin necesidad de aditivos para la potenciación de las fuerzas de adherencia.

Para lograr la adherencia es necesario que los materiales queden en contacto íntimo. Este fenómeno se basa en el fenómeno de la tensión superficial.

Todos los materiales, ya sean líquidos o sólidos, tienen fuerzas superficiales. A estas fuerzas se les denomina tensión superficial en los líquidos y, energía superficial en los sólidos.

Imagínese una gota de un líquido sobre una superficie plana, la tensión del líquido tiende a darle forma de montículo. El sólido en cambio, trata de extenderla hacia una

forma plana. Si la energía superficial del sólido es mayor que la del líquido, la gota se extenderá, tal y como podemos observar en la siguiente figura:

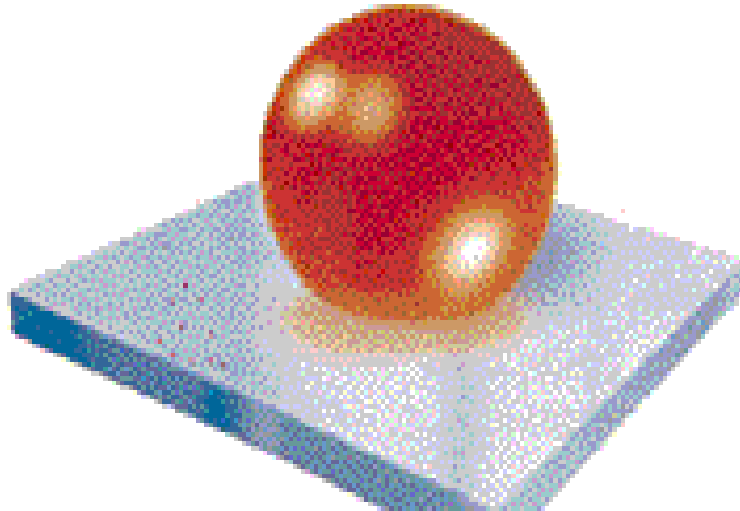


Figura 2.5 Cara de unión preparada inadecuadamente.

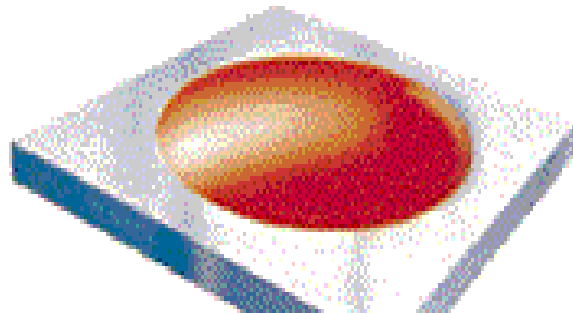


Figura 2.6 Cara de unión preparada adecuadamente.

La tensión superficial regula la intimidad del contacto que puede lograrse con un adhesivo sobre una superficie sólida. Todas las superficies tienen un cierto grado de textura microscópica, que debe recubrirse para lograr una buena adherencia.

Se puede lograr un adecuado ángulo de contacto y con ello tener un buen mojado de la superficie del adhesivo, ya sea aumentando la energía superficial del sólido o bien disminuyendo la tensión superficial del líquido.

La limpieza de una superficie aumenta la tensión superficial y, por consiguiente, la adherencia.

La adherencia de ciertos materiales que tienen baja energía superficial, es muy baja o casi nula. En estos casos la limpieza con disolvente o la abrasión mecánica de las superficies a unir, no son suficientes para lograr una buena adherencia. Existen diversas

técnicas de ataque químico de las superficies que mejoran la adherencia, también se pueden utilizar imprimaciones a las superficies a unir que las hacen aptas para que exista una buena adherencia con el adhesivo.

Vemos pues, que aun encontrándonos en una situación en la que las fuerzas de adherencia no son las que se requieren, con una adecuada preparación y tratamiento superficial, se pueden alcanzar valores adecuados de adherencia. Hay que señalar que a veces, la rentabilidad del proceso no permite estos tratamientos y esto deriva, a elegir otro adhesivo, sustrato o incluso, a otro medio de unión.

Factores que modifican la adherencia.

-La afinidad del adhesivo por el material de los objetos que se van a unir. En adhesivos que contienen ingredientes con grupos reactivos, es importante la afinidad del adhesivo con la superficie, y en algunos casos necesario conocer las reacciones químicas que se producen.

-La tendencia del adhesivo para mojar la superficie del material (mojabilidad), cuanto mayor sea mas se facilitará el contacto entre el adhesivo y la superficie.

-Consistencia y continuidad de la materia adhesiva.

-Tendencia del adhesivo a penetrar la superficie del material.

-Espesor y flexibilidad de la capa adhesiva. Hay adhesivos que presentan mejores adhesiones en capas muy pequeñas del orden de 1mm. En estos casos es conveniente si se precisa espesores mayores, realizar la aplicación en capas sucesivas del adhesivo, sin sobrepasar el tiempo de trabajo del mismo, para que se desarrollen máximas fuerzas de adherencia y consecutivamente las fuerzas de cohesión del adhesivo.

-El estado superficial de los sustratos, no se debe olvidar, pues es un factor que influye directamente a la hora de una adherencia correcta.

Mecanismos de adhesión o adherencia.

La adhesión se puede realizar como se dijo, de dos formas diferentes, veámoslo:

-Adhesión específica: Adhesión de dos superficies debido a las fuerzas intermoleculares.

-Adhesión mecánica: Adhesión de dos superficies mediante un adhesivo una vez fraguado, debida a la fijación del adhesivo a las asperezas de las superficies y a la absorción de los sustratos porosos durante la aplicación.

2.6 Preparación de las superficies. Tratamientos superficiales.

La adhesión es el estado en el que dos superficies son mantenidas juntas mediante uniones interfaciales.

A partir de la definición de adhesión, se comprende que es un fenómeno de superficie. Dentro de la unión adhesiva, la región que comprende al sustrato y al adhesivo (interfase adhesiva) es una zona crítica que debe estar exenta de cualquier sustancia intermedia por microscópica que sea, pues esta interferirá en el correcto desarrollo del fenómeno de adhesión.

Estas sustancias intermedias o agentes contaminantes de la superficie pueden ser de muy diversa naturaleza, ya que pueden provenir del mismo sustrato (virutas de mecanizado, óxidos etc). O que este haya sido contaminado por el proceso de manufacturado (grasas, aceites, fluidos de corte como taladrinas, etc).

Así pues se convierten en un factor decisivo el proceso que asegure la aptitud de la superficie para adherir, o lo que es lo mismo, que se encuentre exenta de cualquier agente extraño que provenga del entorno o del mismo sustrato. Estos procesos se denominan Tratamientos Superficiales.

En algunos casos los tratamientos superficiales no son necesarios, pero su aplicación permite optimizar la adhesión, y en cadenas de producción es un factor que asegura la calidad de las superficies.

Los tratamientos superficiales son técnicas que se basan en la eliminación de los contaminantes de las superficies a unir (medios mecánicos o químicos) o en la modificación física o química de la superficie. Esta modificación física o química de la superficie se realiza para lograr rugosidades adecuadas para la adhesión o para modificar la estructura de los enlaces moleculares de la superficie.

Los tratamientos superficiales pueden tener funciones de protección de la superficie de los sustratos, como ocurre en los metales, y también pueden actuar como activadores, potenciando la reticulación del adhesivo.

Podemos resumir los objetivos principales de los tratamientos superficiales, como se indica a continuación:

- Potenciar las fuerzas de adherencia y con ello la durabilidad de la unión. En los sustratos de baja energía superficial se consigue un aumento de esta, con tratamientos superficiales mecánicos o con modificaciones químicas. Estas modificaciones químicas también pueden actuar como barrera de protección para la corrosión.

- Generar una rugosidad superficial que potencia las fuerzas de unión multiplicando la superficie real de la interfase.

- Evitar la formación de películas microscópicas en la superficie del sustrato, que dan lugar a adhesiones de débil cohesión.

Se ha visto que la resistencia mecánica de las uniones adhesivas esta íntimamente relacionada, con las fuerzas de adherencia desarrolladas entre el sustrato y el adhesivo, lo que requiere un contacto molecular íntimo. Por ello es imprescindible que las superficies a unir estén libres de contaminantes, para posibilitar un contacto directo con el adhesivo.

Es muy importante pues, elegir el tratamiento mas adecuado dependiendo del material del sustrato, veamos algunos de los principales factores para decidir la preparación superficial más conveniente:

-Naturaleza, tamaño y geometría de las superficies.

-Tipo de adhesivo.

-Respuesta del material a los posibles agentes químicos, que pueden intervenir en el proceso.

-Entorno al que va estar sometida la unión adhesiva.

-Costes derivados del proceso.

2.6.1 Tipos de tratamientos superficiales.

Definir un número concreto de tratamientos superficiales, es un trabajo que podría salirse de los objetivos de este proyecto, debido a su extensión. Por tanto, vamos a ver algunos de los tratamientos superficiales, que más se dan dentro de la amplia gama que podemos encontrar, pues existen tantos tratamientos como combinaciones posibles de sustratos y adhesivos, influenciados, además, por los factores medioambientales, en los que se va a encontrar la unión.

Limpieza superficial.

La limpieza de una superficie, como se dijo, aumenta la adherencia. Esto es debido a que la suciedad de una superficie, provoca una disminución de contacto intermolecular entre el adherente y el adhesivo, pudiendo incluso ser causante de oxidaciones y en general de uniones de baja adhesión.

Existen diversas técnicas para la limpieza de una superficie. Generalmente la técnica empleada, se elegirá en función del material del sustrato. En superficies metálicas por ejemplo, lo primero es eliminar las grasas y aceites por medio de disolvente, pero esta limpieza con disolventes puede no ser suficiente para obtener una superficie adecuada para la adherencia.

En cualquier caso, cuando la limpieza se realice como ultimo paso antes de adherir dos superficies, será imprescindible que el disolvente empleado se haya evaporado o secado completamente, para evitar posibles defectos, ocasionados por la presencia de disolventes en los sustratos.

Otro factor a tener en cuenta, al realizar la limpieza del sustrato, es que la unión debe realizarse inmediatamente, pues los contaminantes suspendidos en el aire, pueden reducir la adherencia.

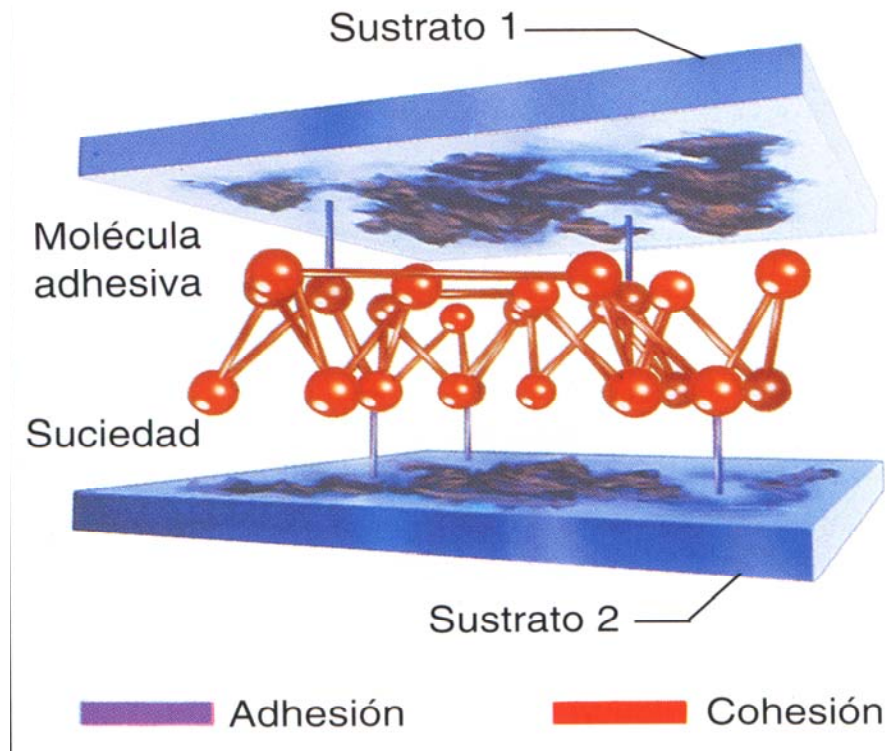


Figura 2.7 La contaminación de las superficies de los sustratos reduce la adhesión.

Cabe señalar que existen diferentes procedimientos de limpieza con disolventes, entre otros: Desengrasado por vapor, Frotado, Inmersión o spray. Incluso existen técnicas de tratamiento en baños de ultrasonidos, con el que se obtienen limpiezas superficiales de alta calidad.

Abrasión mecánica.

La abrasión mecánica, es una técnica de preparación superficial, mediante la que se eliminan los contaminantes de las superficies de los adherentes y se proporciona un perfil de superficie que aumenta el área superficial y por lo tanto, produce un mayor contacto interfacial de la superficie del sustrato y del adhesivo.

Esta ausencia de contaminantes y el consiguiente aumento de contacto interfacial sustrato adhesivo, mejoran las fuerzas de adherencia y con ello se retarda la fractura mecánica de la unión adhesiva.

Los métodos más comunes de abrasión pueden ser manuales ó automáticos, desde un lijado con papel abrasivo, cepillado o chorreado abrasivo con impacto de arena, alúmina ó granalla a presión, etc. Generalmente dependiendo del material del sustrato será mas apropiado elegir uno u otro medio de abrasión.

Tras la realización del tratamiento de abrasión, se ha de realizar la limpieza del sustrato para eliminar el polvo, contaminantes derivados del proceso, llevando a cabo la aplicación del adhesivo, antes de que se vuelva a contaminar la superficie ó aparezca el fenómeno de corrosión.

Existe una variante del método de abrasión, ésta es cuando el abrasivo es un agente químico. Este agente químico elimina la capa más externa del material, produciendo una superficie adecuada para la adhesión. Los agentes químicos empleados se denominan “*decapantes*”, cabe señalar que se diferencian de los tratamientos químicos, en que los decapantes no modifican químicamente la superficie.

Tratamientos químicos.

Los tratamientos químicos, mejoran la adhesión, es decir, alargan la vida en servicio de las uniones adhesivas, pero tienen limitaciones, pues requieren de controles rigurosos por la generación de residuos y la posibilidad de modificación de las propiedades intrínsecas del material.

Existen diferentes tratamientos químicos dependiendo del material del sustrato que se pretende unir. En casos en los que es necesario aumentar la tensión superficial por encima de la del adhesivo, este método da buenos resultados y en general, en los casos, que requieren preparaciones especiales de superficies para poder funcionar con adhesivos normales.

Imprimaciones.

Las imprimaciones también llamadas *primers*, son sustancias que se aplican sobre la superficie del sustrato, actuando como intermedio entre el sustrato y el adhesivo. Por ser un medio entre el adhesivo y el sustrato se ha de elegir la imprimación en función del tipo de adhesivo y los adherentes a unir.

Las funciones para las que se emplean las imprimaciones son tanto de protección de la superficie del sustrato, como de mejora de la interacción entre el sustrato y el adhesivo. Actúa como medio de acoplamiento, se cree que se forma una red abierta sobre la superficie del adherente de forma que las moléculas del adhesivo puedan penetrar.

En algunos casos se aplican las imprimaciones, como prevención de posibles fallos en producciones automatizadas, en las que no se puede controlar exhaustivamente el proceso de producción.

2.7 Almacenamiento y conservación de los adhesivos.

Los adhesivos como se ha dicho son materiales poliméricos, que tienen temperaturas de reacción limitadas y las condiciones de su almacenamiento es un factor a destacar.

Los adhesivos pueden tener un aspecto de trabajo que sean las esperadas, pero al haber estado expuestos a cambios bruscos de temperatura, puede ocurrir que las propiedades mecánicas y la resistencia en general del adhesivo sea menor a la esperada. Esto puede que en trabajos de poca importancia (trabajos a modo particular y no de responsabilidad) pueda ser factible, pero cuando hablamos del uso de adhesivos para uniones en elementos de producción deben estar en sus condiciones óptimas para asegurar la calidad del producto final.

En resumen no se deben exponer a fluctuaciones de temperatura. La temperatura de almacenamiento será la que se indique en el producto. Además, los envases que se abran tendrán una caducidad que habrá de tener en cuenta, y también la caducidad del adhesivo deberá ser controlada para lograr la calidad de las uniones mediante adhesivos.