

EL MAQUINADO NO TRADICIONAL.

Parte II. Chorro de agua, láser y alambre caliente *

Por: A. Brent Strong

Los materiales de difícil transformación mecánica son, frecuentemente, más fáciles de trabajar por medio de métodos de mecanizado no tradicionales, tales como *el corte por chorro de agua*. En este proceso, una corriente de agua a muy alta presión, (cerca de 50.000 psi o 350 MPa) es dirigida a través de una boquilla, (diámetro aproximado 0.005 plg ó 0.13 mm) hacia la pieza que va a ser cortada.

Muchos materiales, inclusive, los materiales compuestos, pueden ser trabajados con efectividad, mediante el uso de esta técnica, con esfuerzos no mayores a los que ocurren durante las operaciones tradicionales de mecanizado. La cantidad de material removido durante la operación de corte (llamada **Kerf**) es, aproximadamente, igual a la removida durante el mecanizado tradicional y el corte por chorro de agua.

El uso del *láser* es otra técnica de mecanizado no mecánico que está ganando popularidad con rapidez. Los láseres cortan al fundir el material con un haz de luz concentrado

de alta energía. Una ventaja de los láseres: usualmente, vaporizan el material cuando éste es cortado, de manera que los residuos dejados son muy pocos o ninguno.

Los láseres son usados para cortar (como las sierras o cuchillas) y para perforar (tal como una broca). El tamaño del agujero puede ser variado al variar el foco del láser, el cual determina, también, la profundidad de corte.

Por medio de un cuidadoso control de la longitud focal del láser, los agujeros pueden ser cortados pasando un lado del tubo y no el otro, incluso a pesar que el diámetro sea relativamente pequeño. Otra ventaja de los láseres: nunca pierden su filo.

Una de las desventajas de los láseres: su calor es suficiente para descomponer los materiales plásticos y generar gases. Estos gases son peligrosos; así que se recomienda muy buena ventilación. Otro problema en el uso de los láseres es el calentamiento del material en la vecindad del sitio de corte. Tal calentamiento de borde, por lo general, no es severo, pero puede ocasionar cambios en las características superficiales del material, al cortarlo.

El corte por alambre caliente es un método útil para muchos plásticos, especialmente, los espumados. Este método aprovecha el bajo punto de fusión de los plásticos para deslizar el alambre calentado con una resistencia eléctrica a través del material a cortar. Por lo general, se presenta descomposición química del material, así que se sugiere que esta operación se realice en recintos ventilados.

EL ACABADO (Conformación Post-moldeo)

Una de las grandes ventajas de los materiales plásticos por encima de otros materiales se refiere a la facilidad de conformación que poseen después de haber sido sometidas a moldeo o a algún proceso de conformación intermedia. El proceso de conformación post-moldeo es importante en varias situaciones. Por ejemplo, los acrílicos son sometidos a conformado después de haber sido cortados de una lámina. Esta conformación es más parecida a un termoconformado con la excepción de que la pieza ya ha sido cortada al tamaño apropiado y requiere tan sólo un acabado sencillo. Para ello, el calentamiento puede ser hecho en horno, pero un calentador lineal es usado con mayor frecuencia cuando se

* Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
Centro Colombo Alemán CCA-ASTIN.
Traducción y adaptación por Diego Alejandro
Gómez y Alejandra Suárez.

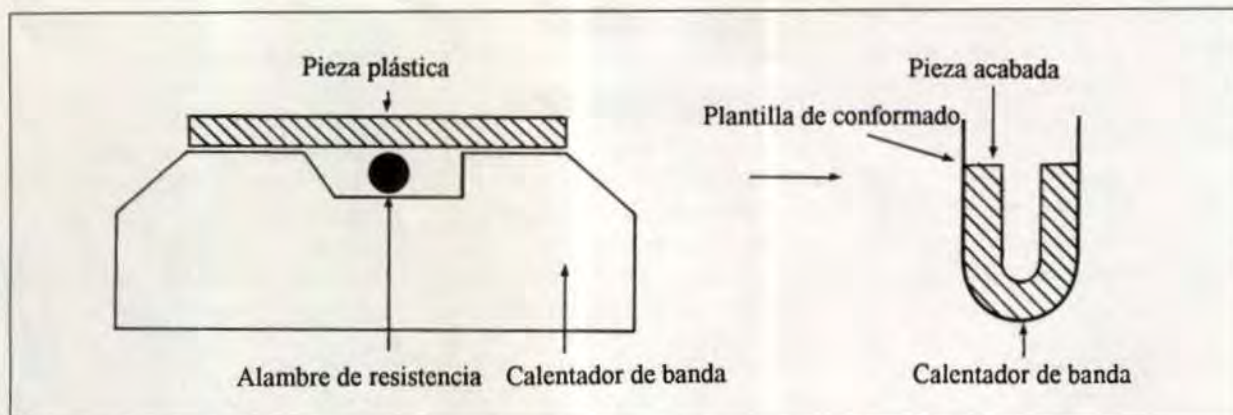


Figura 1. Conformado posterior al moldeo de material en lámina por medio del uso de un calentador de banda y de una plantilla de conformado.

requieren unos pocos dobleces, solamente. El uso de un calentador lineal y una plantilla de conformación son ilustrados en la Figura 1.

Algunas piezas deben ser fabricadas mediante operaciones de corte, perforado, mecanizado o de otra forma de acabados antes de adquirir su forma final. Estas piezas son, por lo regular, calentadas hasta alcanzar un punto de maleabilidad apropiado y, posteriormente, conformadas de forma manual, casi siempre con una simple plantilla de conformación.

El conformado post-moldeo también adquiere gran importancia cuando se trata de realizar grandes entalladuras u otras características que son difíciles de moldear. Estas formas pueden ser dadas manualmente, después que la pieza ha sido removida del molde, a menudo, gracias a una plantilla de termoconformación.

Algunas aplicaciones exigen el conformado de una pieza o componente después que los otros componentes del montaje han sido ensamblados. Puede ser imposible agregar calor al montaje total, pero la pieza que requiere la

transformación debe ser conformada a las dimensiones requeridas, después que el ensamblaje haya sido realizado. Una aplicación de este tipo corresponde al anillo plástico retenedor alrededor de un dispositivo.

Las piezas plásticas pueden ser re-conformadas para corregir errores de moldeo. Aunque esta operación no es de gran utilidad para piezas pequeñas, el re-conformado puede salvar algunas piezas grandes o complicadas de moldear.

EL ACOPLE MECÁNICO Y ENSAMBLAJE

Los métodos de ensamblaje y acople mecánico incluyen muchos procedimientos usados, también, ampliamente para piezas no plásticas, tales como el remachado y el roscado (en principio, desarrollados para los metales y, posteriormente, modificados para ser usados con plásticos). Se discutirán los métodos tradicionales de acoplamiento mecánico aplicables a los plásticos, así como los métodos de acoplamiento mecánico que son útiles sólo a los materiales poliméricos. La mayoría

de las juntas no tradicionales se fundamentan en la flexibilidad de muchos materiales plásticos o en alguna otra propiedad que les permita ser unidos en ensamblaje sin el uso de adhesivos.

Métodos tradicionales de acoplamiento y ensamblaje

La unión de dos piezas plásticas, gracias a una junta remachada, se logra de la misma manera como se realiza la unión de dos piezas metálicas. Se hacen perforaciones en cada una de las piezas a unir; los agujeros son alineados y un remache se inserta en el orificio. El remache es deformado (aplanado o encabezado) hasta crear un tope en su parte superior para fijarlo en su posición y, así, asegurar las partes plásticas. Si es usado un remache metálico tradicional como dispositivo de acople, la deformación de la cabeza es hecha mecánicamente, ya sea en un remache frío o precalentado. Si las piezas a unir son plásticas, no se usan remaches calientes, porque funden los materiales plásticos.

También es posible usar remaches plásticos. En este caso, el remache puede ser calentado,

previniendo que la temperatura sea más baja que la temperatura de fusión de las piezas plásticas a unir o que el tiempo de contacto a alta temperatura sea lo suficientemente corto, tal que la fusión de las piezas no se presente. El uso de un remache plástico para unir piezas plásticas significa que la resistencia del remache debe ser casi igual a la resistencia de las piezas. Esto reduce uno de los mayores problemas asociados con el uso de remaches metálicos en partes plásticas: la pérdida del remache. La alta resistencia del metal comparada con la del plástico significa que cualquier esfuerzo localizado en la zona del remache puede causar que el remache metálico rompa la parte periférica de la pieza plástica. Por otro lado, con el uso de remaches plásticos, éstos se elongan con suavidad y puede ser que se rompan antes que el material plástico que los rodea. En cualquier caso, los remaches usados para la unión de piezas plásticas, por lo general, tienen rebordes muy anchos, de tal forma que los esfuerzos se distribuyan sobre un área mucho mayor, ayudando al acople a resistir los esfuerzos sin que falle el material plástico.

Las piezas plásticas pueden ser unidas, también, con la ayuda de tornillos metálicos tradicionales. La rosca es mecanizada o moldeada en las piezas plásticas y, luego, son unidas usando tornillos metálicos regulares. Una vez más, los tornillos plásticos pueden ser otra opción. La baja resistencia relativa de los plásticos puede ser también un factor que influye en la resistencia de las juntas que usan tornillos, ya sean metálicos o plásticos. Los filetes de rosca fabricados en plástico son más débiles que el tornillo y su expulsión por rodadura podría presentarse a causa de esfuerzos aplicados a la junta. Es posible reducir este problema mediante el uso de filetes grandes y fuertes. Estos filetes para trabajo pesado, por lo general, son espaciados ampliamente y poseen gran robustez, algunos de ellos, incluso, son cuadrados. A medida que la resistencia de estos filetes de trabajo pesado es incrementada, la precisión del sistema de roscado y el ajuste y la retención del tornillo es reducida. De aquí, podemos deducir que las posibilidades de pérdida o rodadura del roscado son mucho mayores con los filetes plásticos que con los metálicos.

larga duración, se usan insertos con filetes metálicos. Estos son moldeados o, al menos, pegados al material plástico. Cuando se colocan apropiadamente, estos insertos dan el anclaje apropiado a los tornillos metálicos, así que la retención y el ajuste son equivalentes al de los sistemas totalmente metálicos. Los tornillos plásticos también pueden ser usados con insertos metálicos, pero la resistencia del ensamble será menor, ya que el tornillo plástico es más débil que su similar metálico.

También son utilizados los tornillos de auto-aterrajamiento para la unión de piezas plásticas. Gracias a ellos, se puede realizar la unión de partes plásticas con más facilidad (los filetes de la pieza se labran con el mismo tornillo) que con los metales y con la madera. La retención del tornillo, en los plásticos, es cercanamente igual que con la madera.

Los pasadores plásticos, ya sean remaches, tornillos u otra clase de sujetador, presentan algunas ventajas sobre sus análogos metálicos. Los pasadores plásticos son más livianos, resistentes a la corrosión, aislantes, flexibles, durables y, generalmente, más económicos.

Cuando se requiere un ajuste de

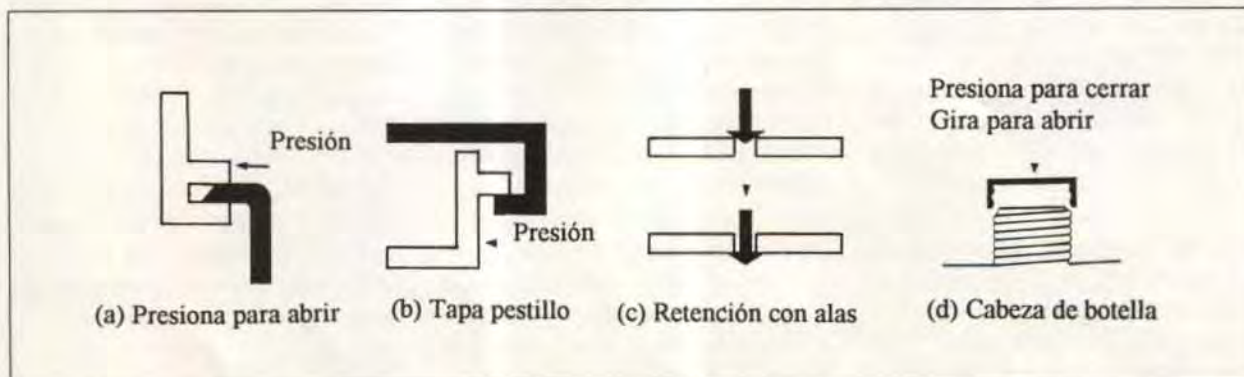


Figura 2. Muestra Tipos de juntas de unión (a) Una junta que abre repetidamente cuando es presionada, (b) Tapa pestillo, (c) un tipo de retención con alas y (d) cabeza de botella que puede ser presionada para cerrar pero girado para abrir.

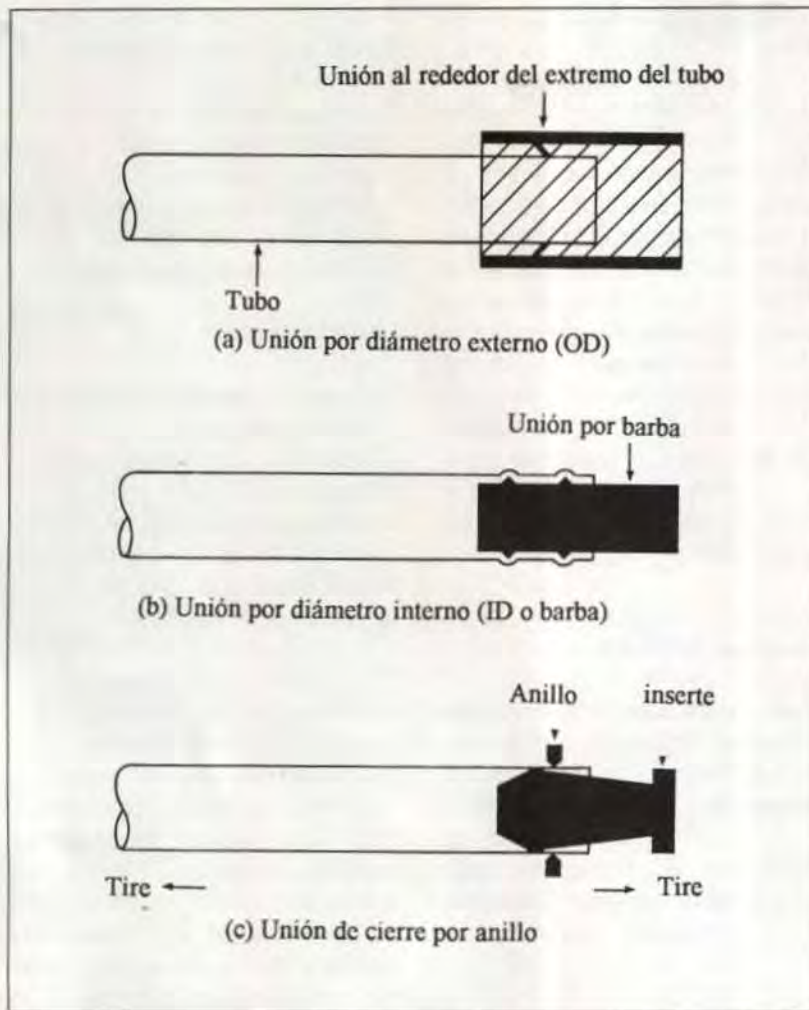


Figura 3. Tres diferentes tipos de uniones para tubos: (a) Unión por diámetro externo (OD), (b) Unión por diámetro interno (ID o barba), y (c) Unión de cierre por anillo.

Tienen, además, coeficientes de expansión similares o iguales a los de las piezas plásticas a ser unidas; así, se elimina una fuente de esfuerzos térmicos y la posibilidad de movimiento relativo entre las piezas unidas. Las desventajas de los pasadores plásticos frente a los metálicos son su menor resistencia a la tracción, menor resistencia al corte, menor resistencia al torque y menor resistencia al calor.

Métodos de acoplamiento y ensamblaje no tradicionales (únicos para los plásticos)

El más importante y más ampliamente utilizado método de acoplamiento, único para los plásticos, es la junta de chasquido (**snap joint**) o junta de interferencia (**interference joint**). Esta junta, de la cual son mostrados diferentes tipos en la Figura 2, aprovecha la naturaleza flexible de los plásticos para crear el acople. Como tales juntas, dentro de sus sollicitacio-

nes de trabajo, pueden ser abiertas y cerradas con frecuencia, son valiosas como dispositivos de cierre. El mecanismo de cierre por ajuste de chasquido consiste en una depresión hecha en una de las partes que recibe una protuberancia moldeada en la otra pieza. Otros tipos de ajuste pueden ser usados porque aprovechan la compresibilidad de los plásticos. Los ajustes para tubos plásticos semirígidos o mangueras pueden ser hechos de diferentes clases, como los que se muestran en la Figura 3. La junta del primer tipo, que recibe el nombre de **Unión por Diámetro Externo (OD)**, se ajusta por encima del extremo de la tubería, dos pestañas son moldeadas en el interior de la junta. Estas pestañas son traslapadas de tal forma que la tubería puede ser presionada o sostenida dentro del acople, gracias a ellas. Si la tubería es halada con la intención de ser retirada hacia afuera del acople, las pestañas penetran en la superficie de la tubería y lo retienen. El segundo tipo de acople debe su ajuste por dentro del tubo y recibe el nombre de **Diámetro Interior (ID)**, o ajuste por pestaña. Este acople tiene unas pestañas en su exterior que son iguales o mayores que el diámetro del tubo. Cuando la junta ID es forzada dentro del tubo, ésta se expande alrededor de las pestañas y la junta se ajusta a su posición. La tercera clase de junta por tubo recibe el nombre de **Junta de Seguridad por Anillo**. Esta junta posee un anillo que se asegura gracias a la sección decreciente del acople. (El anillo es ligeramente menor que la sección mayor del cono y se ubica en su posición, forzándolo sobre éste en la sección creciente.) El cono es insertado dentro de la tubería de tal forma que la tubería se hala en una dirección y la junta,

en la opuesta. Esta acción de haladura mueve el anillo contra el cono y comprime la tubería plegable entre el anillo y el cono, asegurando, así, su unión.

La bisagra viva o la bisagra integral, es otro método importante para unir plásticos, que depende de la flexibilidad que éstos tienen. Esta bisagra consiste en una tira de plástico conectada entre dos secciones plásticas mayores. Estos elementos fabricados con el mismo material, han sido moldeados por separado, es decir, son moldeados o formados como una sola unidad.

Inmediatamente después del moldeo, la pieza es doblada por el gozne para dar la orientación apropiada a las moléculas de esta sección de la bisagra. Las moléculas han de ser orientadas a lo largo de la dirección de este elemento para que su material alcance la mayor flexibilidad y duración. La Figura 4 muestra una caja con su tapa conectadas por

medio de una bisagra integral o viva.

Aunque muchos materiales plásticos flexibles pueden ser usados para fabricar bisagras vivas, el plástico más comúnmente usado es el polipropileno. El polipropileno ha demostrado larga vida al ser sometido a ciclos de doblado y posee, además, muy buena flexibilidad. Otros materiales candidatos, tales como el polietileno, tienen la tendencia a quebrarse después de ser sometidos a doblados repetitivos. Aun otros, tales como el nylon y los acetales, formarían bisagras vivas muy rígidas.

La unión adhesiva

Cuando dos materiales son unidos por medio de pegado, estos materiales reciben el nombre de **Adherentes**. Un nombre alternativo para un adherente es, también **Substrato**. El material encargado de unirlos es llamado **Adhesivo**. En esta sección, empezaremos

discutiendo los adherentes que son plásticos, ya que la unión de los materiales plásticos para el acabado y el ensamblaje es nuestro interés primario. Después, examinaremos aquellos materiales adhesivos que son poliméricos y, por lo tanto, son una aplicación importante de algunos de ellos.

Los adherentes

No todos los plásticos pueden ser pegados fácilmente o, a lo sumo, pegados con éxito con la ayuda de adhesivos. La diferencia entre aquellos plásticos de gran tendencia a la adhesión y aquellos que no, se determina por las características de la superficie.

Es un aspecto clave de la superficie de los adherentes que pueden ser pegados con facilidad, que el adhesivo cubra o revista la superficie. Al proceso de cobertura de la superficie, se le denomina **humedecimiento**. El factor que gobierna el que una superficie sea humedecida por un líquido, es la energía de las superficies de ambos materiales. Si la energía de la superficie del líquido es menor que la energía de la superficie del sólido, entonces, la superficie sólida será humedecida por aquel líquido. Esta regla se deduce de la ecuación de energía libre. Cada que la energía libre de red sea negativa, el fenómeno que liberará tal energía ocurrirá naturalmente.

Por tanto, cuando una superficie sólida es humedecida por un líquido, la energía libre es negativa o la energía del sistema es disminuida. Esto sucede cuando una superficie de alta energía es cubierta con un líquido de poca energía. Si la superficie de un adherente no es humedecida con el adhesivo idóneo, entonces, se

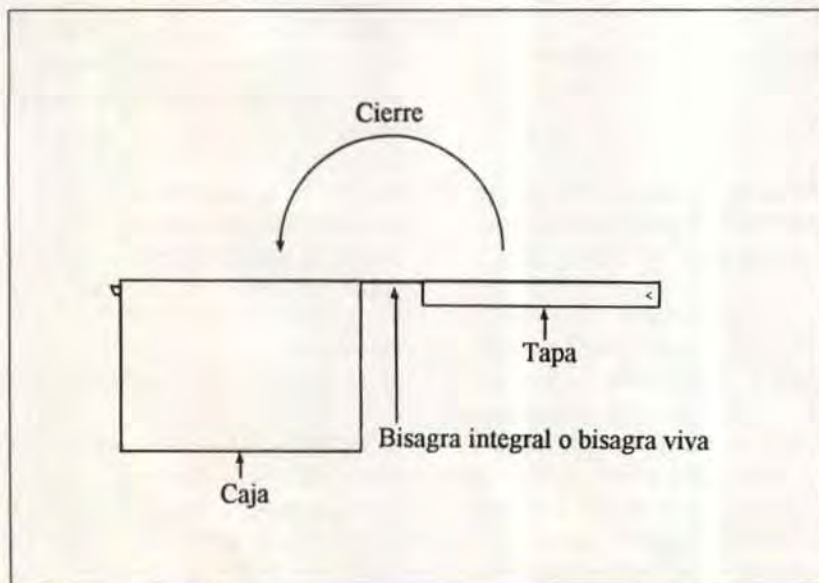


Figura 4. Una pequeña caja y tapa usando una bisagra integral o visagra viva.

presentará una adherencia pobre de los adherentes. Esto puede ser remediado, en algunas oportunidades, si se modifica la superficie de los adherentes para aumentar su energía y, así, permitir su humedecimiento. A continuación, se presentan algunas maneras de tratar o de preparar la superficie de un adherente para aumentar la calidad de la unión por adhesivo:

La limpieza de la superficie

Aun los adherentes plásticos, con superficies de alta energía, que por lo tanto son fáciles de adherir entre sí, pueden presentar contaminantes o impurezas que reducen la energía de la superficie e interfieren el proceso de pegado. Estas impurezas superficiales pueden resultar de la operación de moldeo cuando se usan evacuadores de moldes para facilitar la remoción de las piezas plásticas de los mismos; de la manipulación general que adhiere grasa y aceites a la superficie; del aire comprimido a alta presión usado para retirar las impurezas cuando este aire ha sido contaminado con aceite; y a partir de la contaminación ambiental general de diversas fuentes, incluyendo los materiales de embalaje y las condiciones generales de polvo presentes al interior de la planta. Cual sea la causa de la contaminación, ésta ha de ser removida.

El método más común para la remoción de la contaminación superficial se refiere al secado o tratamiento por inmersión del material en un solvente. El solvente ha de ser escogido para disolver la contaminación superficial sin afectar el adherente plástico y debe ser, a su vez, también, requerido para remover otros materiales contaminantes de la superficie. El

agua, por ejemplo, interfiere en el proceso de fraguado o curado de algunos adhesivos y debe ser removida para garantizar un buen pegado.

El ataque químico

Cuando la superficie, ya limpia del adherente, aún no está lo bastante energética para permitir su humedecimiento por parte del adhesivo, el ataque químico puede ser muy útil. En esta situación, un químico es aplicado a la superficie del adherente, produciéndose una reacción química. Este tratamiento cambia las propiedades de la superficie del adherente y, si ocurre el tipo apropiado de reacción, la energía de la superficie aumenta y se hace posible su humedecimiento con mayor facilidad. La sustancia química del tratamiento es removida generalmente antes de ser aplicado el adhesivo. Si la superficie atacada químicamente presenta la posibilidad de retornar a sus propiedades iniciales o de alterarse de alguna manera, de tal forma que la actividad proporcionada sea perdida, un recubrimiento (llamado **primer**) puede ser aplicado para preservar las características de la superficie.

El tratamiento con llama

Muchos de los materiales plásticos, en especial las poliolefinas, pueden ser sometidos a un tratamiento bajo llama para incrementar su energía superficial. El someter a un breve tratamiento bajo la acción de una llama directa, provoca algo de oxidación en la superficie del adherente; logrando aumentar, así, su energía superficial. El tratamiento con llama es, frecuentemente, hecho al

polietileno y al polipropileno para promover la unión y otros fenómenos dependientes de la adhesión, tales como la impresión.

El tratamiento de corona

La oxidación de las superficies de los materiales plásticos puede ser, también, alcanzada al exponerlos a una chispa eléctrica (llamado **corona**), sobre la superficie del adherente, el cual, por lo tanto, se vuelve humedecible. Este tratamiento es, por lo general, mucho más agresivo que el tratamiento con llama. Después de someter una pieza al tratamiento de corona, la superficie de ésta puede presentar oxidación y erosión física. Las polioléfinas son los plásticos que con mayor frecuencia se someten al tratamiento de corona.

El tratamiento con plasma

El plasma puede ser usado para limpiar una superficie, atacarla químicamente, o para reaccionar con ella. Puede ser usado, también, para causar una reacción (polimerización) a ocurrir en la fase gaseosa que sería depositada sobre la superficie. El tratamiento con plasma posee, como es obvio, amplias capacidades para modificar la superficie de los materiales plásticos, pero, debido a su alto costo relativo, la implementación de este tipo de tecnología ha tenido uso limitado.

Los agentes de acoplamiento

Algunas superficies pueden ser tratadas mejor al ser recubiertas con algún material que promueva la unión con el adhesivo deseado. Esta clase de materiales son denominados **agentes de acoplamiento**, porque se acoplan a la

superficie y al adhesivo. Comúnmente, estos materiales tienen dos naturalezas químicas: una, en un extremo de la molécula y la otra, en el opuesto. Cuando uno de los extremos es químicamente igual al adherente y el otro, es químicamente igual al adhesivo, entonces, la molécula sirve de enlace entre el adhesivo y el adherente. Los agentes de unión son muy comunes para ser usados con adherentes cerámicos (tales como la fibra de vidrio), pero son usados muy poco con adherentes plásticos. Sin embargo, los agentes de acoplamiento se preservan como dispositivos potencialmente útiles e interesantes como promotores de las propiedades de adhesión.

La abrasión mecánica

Cuando la modificación de la energía de la superficie de un adherente es imposible, o cuando la modificación requiere mejoramiento, la abrasión mecánica puede incrementar, adicionalmente, la propiedad de sujeción de un adhesivo sobre un adherente. Las imperfecciones de la superficie (pequeñas grietas y hendiduras), creadas mediante abrasión mecánica, sirven como porosidades donde el adhesivo puede introducirse y adherirse, en forma mecánica con el adherente. Ningún cambio termodinámico se presenta en la superficie debido a esta abrasión mecánica; Por lo cual, el humedecimiento no es aumentado. La adhesión se cimienta, de modo estricto en las fuerzas mecánicas.

Comentarios generales respecto a la naturaleza química de las superficies y su energía pueden ser de gran utilidad para el entendimiento del modo de proceder de la gran variedad de tratamientos de

superficie, descritos anteriormente. En general, las superficies que tienen átomos de oxígeno colgantes (los grupos OH), son muy energéticos y, por lo tanto, fácilmente humedecibles y de buenas propiedades de adhesión. (La presencia de grupos OH y de grupos O en la superficie de un adhesivo, es también favorable para incrementar las propiedades adhesivas en muchos de los casos). Cuando la oxidación se presenta, como en los casos del tratamiento de corona o de exposición a la llama, los grupos O y OH son los principales productos que se generan en la superficie. Otros grupos radicales que promueven la adhesión son aquellos que poseen oxígeno, como los ácidos orgánicos, ésteres, y las cetonas, NH, CN, Cl, y los grupos que contienen sulfuros.

La adhesión superficial pobre, es atribuida sólo a la presencia de moléculas de hidrocarburo en la superficie, tales como el polietileno y el polipropileno, o con superficies que poseen electrones estrechamente unidos, tales como los fluorocarbonos y otros. Las grasas y aceites comunes son químicamente similares a las poliolefinas y, por lo tanto, afectan de manera negativa la facilidad de unión o pegado de la superficie cuando se hallan presentes. Es por ello que la remoción con solventes apunta a retirar o eliminar estos materiales olefinicos (de propiedades aceitosas) de la superficie.

El pegado actual de superficies puede ser de tres maneras; se pueden crear enlaces covalentes de pegamento entre el adherente y el adhesivo. Cuando esto sucede se obtienen los resultados de pegado más fuertes. La segunda

clase de pegado resulta de la atracción entre el adherente y el adhesivo mediante un pegado con enlaces de hidrógeno. Fuerzas de Vander Waals, atracción dipolar inducida y similares. Estas atracciones pueden ser muy fuertes, pero, también, muy débiles, dependiendo de la naturaleza de los materiales. El tercer tipo, se refiere al pegado mecánico donde el adhesivo rellena las grietas de la superficie del adherente. La adherencia mecánica puede presentarse en combinación con los otros tipos de pegado, o exclusivamente.

La unión entre el adherente y el adhesivo será tan fuerte que si una fractura se presenta, surgirá dentro del adhesivo o del adherente, en vez de surgir en la unión entre ambos. Cuando una falla se presenta dentro de uno de los materiales aislados y no en sus bordes superficiales, la falla recibe el nombre de **falla cohesiva**. Cuando la falla ocurre en la interfase o límite entre dos materiales distintos, tal como entre el adherente y el adhesivo, recibe el nombre de **falla adhesiva**. Las uniones por pegado más fuertes son aquellas en las cuales solo ocurren fallas cohesivas.

Los adhesivos

Cuando los adhesivos son aplicados sobre la superficie del adherente, tienen generalmente una apariencia líquida, pero pueden ser, también, pastas o películas sólidas. No obstante, en todos los casos, el adhesivo toma fase líquida y humedece la superficie del adherente o si es presionado un poco contra la superficie la interacción entre el adhesivo y el adherente ocurre. Después de cubrir la superficie del adherente,

Tipos de Adhesivos					
	Estructural	Fundido en Caliente	Sensible a la Presión	a Base de Agua	Curado por Radiación
Polímeros Típicos	Epoxi	EVA	Cemento de caucho tipo Scotch	Almidones	Acrílicos
	PUR	PVA		Cauchos naturales	Epoxicos
	Acrílicos	PE		PVAI	
	Cianoacrilatos	Nylons		PVA	
	Anaeróbicos	PP (amorfo)		Resinas amino	
	Siliconas	SBR			
	Fenólicas				

Tabla 1. Tipos de adhesivos y polímeros comunes dentro de cada tipo

el adhesivo evoluciona por medio del cambio físico o químico hasta que se vuelve duro. Esta fase de endurecimiento puede darse a causa de la pérdida de un solvente, enfriando el adhesivo desde la fase líquida fundida hasta la sólida, mediante una reacción química en el adhesivo; tal como una polimerización o una reticulación, o suministrándole alguna presión contra el adhesivo para causar alguna interacción con el adherente.

Existe una amplia gama de adhesivos disponibles para suplir la variedad de necesidades en lo que respecta al pegado o unión adhesiva. Los adhesivos son usados para unir plásticos, metales, cerámicas, composites, productos de madera y varias combinaciones de estos materiales. El adhesivo es escogido a causa de su habilidad para unirse al adherente y por sus otras propiedades, tales como su resistencia estructural, costo, facilidad de aplicación y por sus efectos ambientales.

Por simplicidad, los adhesivos pueden ser divididos en cinco clases comunes: estructurales, fundición en caliente, sensibles a la presión, a base de agua y de fraguado radial. Cada uno se compone de muchos materiales diferentes, pero todos caracte-

rizados como poliméricos. Cada uno de los cinco tipos generales de adhesivos es considerado por separado. Esto se muestra claramente en la Tabla 1.

Los adhesivos estructurales

Este tipo de adhesivos puede ser sometido a esfuerzos mecánicos y puede soportar una gran variedad de difíciles condiciones ambientales, tales como altas temperaturas, disolventes agresivos y potenciales de deformación plástica. Los requerimientos estructurales dictan que la mayoría de estos adhesivos son termoestables que pueden ser sistemas de uno o dos componentes. Los grupos poliméricos más importantes dentro de esta clase de adhesivos son los epóxicos, los poliuretanos, los acrílicos modificados, los cianoacrilados, los anaeróbicos, las siliconas, los fenólicos y varios polímeros de alta temperatura.

Los epóxicos : Son los adhesivos más comunes entre los adhesivos estructurales. Los epóxicos son, por lo general, adhesivos de dos componentes, donde uno de ellos es el epóxico y el otro es el endurecedor (un químico encargado de abrir los anillos epóxicos en dos cadenas y de unirse entre ellas).

Estos adhesivos pueden ser curados, ya sea a temperatura ambiente o a altas temperaturas por encima de los 350° F (175° C). Son frágiles y, relativamente, baratos.

Los poliuretanos : Son más resistentes que los epóxicos; poseen muy buena flexibilidad aun a bajas temperaturas; no obstante, su estabilidad es pobre a altas temperaturas. Los poliuretanos son hechos mediante la combinación de dos reactivos, un poliol y un isocianato. Sin embargo en algunas formulaciones, el segundo reactivo puede ser agua. La reacción empieza inmediatamente después del mezclado de los componentes y ocurre por lo general, sin la necesidad de adicionar calor. La vida útil es, por tanto, limitada.

Los acrílicos modificados : Se curan por medio de un método de polimerización de radicales. Difieren de los acrílicos estándar en que se les ha adicionado caucho u otros refuerzos. El método típico para la aplicación de estos materiales consiste en agregar un compuesto a cada uno de los adherentes. Reaccionan cuando son presionados uno contra el otro. Estos adhesivos pueden ser usados cuando la

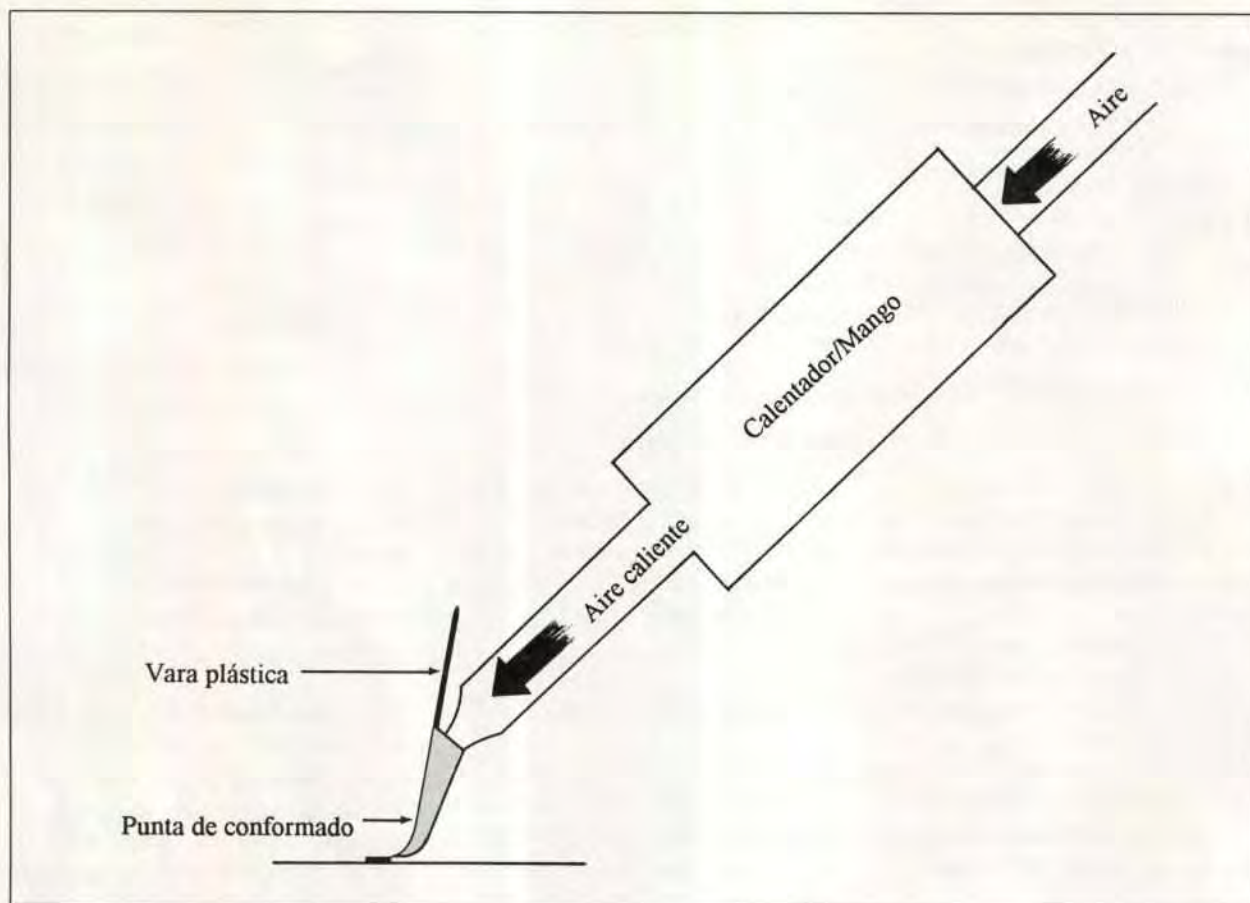


Figura 5. Aplicación de un adhesivo fundido en caliente

superficie sea aceitosa o limpiada inapropiadamente. Los tiempos de curado son muy prolongados.

Los cianoacrilatos (superpegantes): Se trata de sistemas mono-compuestos que curan, aun en presencia de pequeñas cantidades de humedad, como en la mayoría de las atmósferas ambientales. Estos adhesivos se pegan fuertemente sobre la mayoría de los materiales, incluyendo la piel. Esto podría parecer un riesgo para la seguridad, pero es, también, una ventaja, ya que los cianoacrilatos son usados para la sutura de piel humana dentro de un procedimiento quirúrgico. Los cianoacrilatos tienen un relativo costo, son fuertes, pero bastante quebradizos.

Los anaeróbicos: Son aquellos sistemas de un solo componente que curan mediante polimerización radical libre. La reacción de polimerización es inhibida por el oxígeno y ninguna tendrá lugar hasta que el oxígeno sea removido del sistema.

Las siliconas: Estos sistemas se encuentran disponibles, ya sea de uno o de dos componentes. El sistema con un solo componente fragua al contacto con la humedad atmosférica. Las siliconas pueden ser formuladas para que fragüen bien a la temperatura del cuarto (RTV) o bien a altas temperaturas (HTV).

Tienen propiedades de muy buena adhesión dentro de un amplio rango

de temperatura, desde -76°F hasta los 480°F (-60°C a 250°C), con capacidad hasta los 700°F (370°C) para algunas formulaciones. Las siliconas son tenaces y flexibles acompañadas con propiedades de muy buena resistencia a los solventes, a la humedad, y de resistencia al medio ambiente.

Los fenólicos: Son sistemas termoestables disponibles en dos clases: la primera, consiste en un sistema de un solo componente, y la segunda, de dos componentes. Los materiales fenólicos son fuertes, pero quebradizos. Son de colores oscuros, con limitadas aplicaciones. Dominan el mercado de los triplex y de los aglomerados prensados.

Los adhesivos fundidos en caliente

Este tipo de materiales termoplásticos son calentados hasta su fusión, para ser aplicados a los adherentes y, entonces, se les deja enfriar para su endurecimiento. Los termoplásticos de mayor importancia usados para aplicaciones de adhesivos fundidos en caliente, comprenden los etilenos vinilacetatos (EVA), los acetatos polivinílicos (PVA), el polietileno, los nylons, los polipropilenos amorfos y varios copolímeros de bloque, tales como los presentes entre el estireno y el butadieno. La viscosidad de la pasta fundida es un factor importante en la aplicación de estos materiales. Por ello, la clave para su uso adecuado consiste en la unidad apropiada calentadora/dispensadora. Para las aplicaciones industriales, la herramienta para el soldado a base de aire caliente (mostrada en la Figura 5) goza de gran popularidad. En este dispositivo, una barra de la resina sólida para fusión en caliente aumenta una cabeza de conformación donde es fundida por medio de aire caliente que pasa a través de la máquina. El material fundido es aplicado sobre el adherente a medida que la cabeza de conformación pasa sobre la superficie.

Para aplicaciones comerciales son usados dispensadores automáticos de pasta caliente, donde se requieren altas velocidades y aplicaciones repetitivas. Estos dispensadores automáticos tienen un cámara donde la resina plástica es ubicada y mantenida caliente. Los dispensadores cuentan con un sistema de bombeo que transporta el material desde su lugar de almacenamiento en la cámara caliente hasta la boquilla de aplicación. Posteriormente, cuando la señal es dada (por lo general, gracias a

algún dispositivo temporizador), la bomba mueve la mezcla caliente hacia la superficie y en la cantidad deseada.

Los adhesivos sensibles a la presión

La contextura de estos materiales, que vienen frecuentemente respaldados en una cinta o en cualquier otro material, es pegajosa a temperatura ambiente y adhieren al recibir el contacto con un adherente por medio de alguna presión. Estos componentes deben ser altamente viscoelásticos, de tal manera que fluyan cuando son sometidos, juntos, a presión, pero, a su vez, deben resistir el exceso de fluencia, tener algo de naturaleza elástica, almacenar energía de ruptura, para proveer despegue y pegado y disipar energía durante la adhesión. La gran condición elastómera de muchos de estos elementos les ha merecido el denominativo de **cemento elástico** o **cemento - caucho**. Su carácter viscoelástico se demuestra cuando se trata de retirar un rótulo que ha sido pegado con un adhesivo sensible a la presión. Si el rótulo es halado con rapidez, el adhesivo soporta el movimiento y el rótulo se rompe. Si el rótulo es halado con lentitud el adhesivo se separa gradualmente y aquel puede ser retirado intacto. De esta manera se confirma la dependencia del tiempo de estos adhesivos.

Adhesivos a base de agua

La mayoría de estos son productos naturales que aparecen combinados o se presentan, por naturaleza, en combinación con el agua (materiales a base de Látex). Algunos ejemplos de estos tipos de materiales son los adhesivos a base de almidón, caucho látex, caseína (de los productos lácteos), gomas de pegar, derivadas de productos animales, sodio carboxime-

tilceluloso y silicato de sodio. Los materiales no naturales son también adhesivos a base de agua, incluyendo el alcohol de polivinilo, el acetato de polivinil, las resinas amino y varios cauchos. Los adhesivos a base de agua tienen menos resistencia que la mayoría de las otras clases, pero no son tóxicos, no sensibles a la presión, y pueden ser disueltos, ocasionalmente, en solventes diferentes al agua. Cuando sea usado, el solvente ha de ser removido para que el pegado tome efecto.

Adhesivos curados por radiación

Estos adhesivos son materiales de fraguado por radical libre, que se colocan entre los adherentes y, posteriormente son irradiados para ser curados. La fuente de radiación es una luz ultravioleta o un haz de electrones. Uno de los sustratos (adherentes) debe ser transparente a la radiación. Estos materiales pueden alcanzar resistencias equivalentes a la de los adhesivos estructurales. Las aplicaciones más comunes se observan en equipos electrónicos, cintas magnéticas, discos flexibles, dispositivos odontológicos y médicos.

BIBLIOGRAFÍA

STRONG, A. Brent. -- *Plastics Materials and Processing*.--ed. Prentice Hall, Inc. 1996. p. 527-537

