

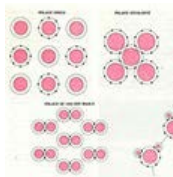
Los adhesivos y la industria de la construcción

Ramón Araujo



Construir es unir elementos de dimensiones reducidas para componer objetos de mucha mayor dimensión. Los adhesivos posibilitan realizar uniones directas por simple contacto a través de un tercer material. A diferencia de los adhesivos tradicionales de la construcción, basados en la penetración de un material en el otro formando vínculos mecánicos, los adhesivos modernos establecen uniones de naturaleza química. El autor analiza los adhesivos actuales a partir de su comportamiento mecánico y térmico y aborda sus propiedades y aplicaciones en la ejecución de uniones estructurales, refuerzo de estructuras, cerramientos y revestimientos y fábricas.

La cohesión es la fuerza de atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una sustancia, una propiedad de los materiales con la que estamos muy familiarizados y que se manifiesta como una característica muy significativa de la materia, la responsable final de que ésta se organice en formas durables y resistentes. Cohesión es sinónimo de resistencia o persistencia ante las acciones físicas y químicas que operan sobre la materia, y si podemos construir artefactos de todo tipo es gracias a que los materiales que utilizamos tienen suficiente cohesión.



La cohesión depende de la estructura interna de los materiales, y finalmente de los enlaces de su estructura molecular. Existen diferentes tipos de enlaces químicos y a cada uno de ellos les corresponden diferentes características mecánicas (resistencia, fragilidad o ductilidad, etc.).

La adherencia es una forma de unión física entre objetos, una fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de diferente naturaleza química, una atracción molecular entre cuerpos distintos puestos en contacto.



La adhesión se refiere a dos cuerpos o materiales diferentes, implicando generalmente la interposición de un tercer material entre ellos, que es el adhesivo. Implica por tanto una discontinuidad previa.

La adhesión está presente en la Naturaleza, por ejemplo en la unión de la piel al cuerpo, en muchos conglomerados pétreos, en las secreciones pegajosas, en algunos tejidos biológicos... Pero la contemplamos como un hecho excepcional: nuestra experiencia nos dice que los cuerpos y materiales diferentes tienden a permanecer separados, o pueden ser fácilmente separados, y en todo caso tendemos a pensar en la adhesión como una fuerza "débil".

Por esto los adhesivos tienen algo de misterioso, y parece que si un día llegamos a dominarlos, se produciría una gran transformación al poder dotar de continuidad fácilmente a elementos que hoy resultan difíciles de unir.

Y para los arquitectos resulta aún más fascinante, porque construir es finalmente unir elementos

de dimensiones más o menos reducidas para componer objetos –edificios– de mucha mayor dimensión, y poder hacerlo por el simple contacto a través de un tercer material implicaría una verdadera revolución.

Estamos relativamente familiarizados con la adhesión a través de las técnicas tradicionales de construcción y en particular de los conglomerantes, que pegan –aunque pegan poco–. Y no confiamos demasiado en esa unión: tan poco, que calculamos las uniones entre fábricas y conglomerantes con resistencia nula a tracción.

Además, esta adhesión con la que estamos familiarizados es de naturaleza fundamentalmente mecánica, basada en el rozamiento y sobre todo en la penetración de un material en el otro a través de sus poros para crear vínculos mecánicos, como ocurre en la unión mediante morteros, tanto en las fábricas como en los revestimientos. Es también el caso de la adherencia de las armaduras al hormigón que las envuelve, que está basada en la rugosidad y el anclaje mecánico entre acero y hormigón, por lo que es función de aspectos como el tamaño del árido o el estado tensional del hormigón en torno a la armadura.



Al parecer estamos aún lejos de una explicación satisfactoria del fenómeno de la adhesión, que se debe en todo caso a múltiples factores. Las fuerzas de adhesión pueden ser de diferente naturaleza: mecánica –como hemos visto–, magnética, etc, pero el fenómeno dominante es de naturaleza química, una fuerza de atracción entre las moléculas del adhesivo y los cuerpos que une, y que se debe a la atracción o diferencia de polaridad de las moléculas y que se relaciona con la “energía superficial” de los materiales (capacidad de mojado), que implica un bajo ángulo de contacto entre el adhesivo y el cuerpo a unir.

Aunque se conocen adhesivos desde la antigüedad, como la caseína (el suero de la leche que da consistencia al queso) o las disoluciones de harina (el “engrudo” de la postguerra), los adhesivos, tal y como hoy los entendemos, son el resultado del explosivo desarrollo de los polímeros en el período de entreguerras y su inicio está directamente ligado al desarrollo de la aviación y de los contrachapados de madera.

Al gran éxito de aquella experiencia se debe seguramente el carácter casi mítico de los adhesivos, la esperanza en su gran potencial de cambio. La historia la cuenta de un modo muy sugestivo J. E. Gordon en “La Nueva Ciencia de los Materiales”.

En los comienzos de la aviación, los aviones eran de madera, de la que no es posible disponer en grandes piezas, lo que limita absolutamente sus posibilidades. Un gran cambio en su tecnología se produjo con la posibilidad de unir maderas de menores dimensiones con un polímero entonces naciente, el fenol-formaldehído (bakelita), que se solidificaba, primero en caliente y más adelante en frío, mediante un catalizador. Estas experiencias dan lugar al contrachapado, un material compuesto por láminas de madera ensambladas mediante adhesivos fenólicos.

Los adhesivos habían dado lugar tanto a un nuevo material, el contrachapado, como a un nuevo tipo de estructura, el “monocasco”, una superficie compuesta por el entramado y el revestimiento contrachapado actuando conjuntamente, que daba al avión mucha más rigidez ante los esfuerzos de torsión característicos que las anteriores estructuras organizadas como sistemas de barras, a las que la superficie envolvente no aportaba rigidez.



En los años siguientes aparecen superficies más complejas para la construcción de los aviones basadas en la adhesión, como los paneles con alma en nido de abeja y superficies de tablero contrachapado adheridas a ella. Cuando el avión se hizo metálico se aplicaron las mismas técnicas, especialmente con el aluminio, que después continuarán aplicándose con los nuevos materiales compuestos.



Por otra parte los incidentes que se sucedieron en la aplicación de la nueva tecnología explican bien los grandes problemas que van a estar asociados en el futuro con las uniones por adhesión, como la influencia de la humedad –pues los primeros adhesivos no eran impermeables–, o los problemas derivados de la deformación de la madera debida a su inestabilidad higrotérmica, que

se traduce en estados tensionales alternos que producen el fallo del adhesivo.

Un problema particularmente relevante será el de la fragilidad de las uniones adheridas. Los primeros adhesivos eran resistentes, pero frágiles, y resultó que materiales tan seguros como la madera –debido a su gran deformabilidad y ductilidad– perdían sus propiedades en los ensambles, disminuyendo la capacidad de la estructura para adaptar su forma y disipar energía.

Y también se tropezará con el que será tema central en las técnicas de adhesión: su dependencia del proceso de ejecución, de las condiciones de aplicación, de la preparación de superficies y finalmente de la falta de garantías y dificultad de control de las uniones.

Los adhesivos nacieron tan llenos de promesas como de limitaciones.

Los adhesivos en el transporte y otras industrias

El desarrollo posterior de los adhesivos permitió su rápida aplicación en la construcción de todo tipo de vehículos.

Por un lado en la generalización de la construcción sándwich, posibilitando ensamblar diferentes láminas superficiales sobre un alma de un material más ligero. Aplicados en superficies continuas, los adhesivos resultan fiables e insustituibles, especialmente cuando se trata de unir materiales diferentes, donde técnicas como la soldadura no tienen cabida. Los más generalizados serán los paneles en celda de abeja, que podrá ser metálica, pero también de muchos otros materiales, principalmente compuestos de fibras y resinas. Los mismos materiales se emplearán en las superficies exteriores, incluyendo los compuestos de altas prestaciones.



Los adhesivos permiten además sustituir las uniones remachadas o atornilladas, lo que reduce el riesgo del fallo por oxidación o por fatiga característico de las uniones que implican taladros. En las uniones estructurales los adhesivos tendrán también la gran ventaja de que su elasticidad les permitirá disipar energía, aportando una mayor resiliencia a la estructura global.

Otras ventajas son la reducción de las necesidades de mantenimiento, la disminución de la fricción gracias a la continuidad de las superficies, y finalmente la reducción significativa del peso estructural.

Hemos visto que los adhesivos tienen un papel central en la construcción aeronáutica desde hace muchos años, especialmente en los enlaces entre los marcos y nervios de rigidización con los paneles para formar el monocasco. Estas técnicas se han extendido después a otras industrias, entre ellas la del automóvil, donde se ha generalizado igualmente la construcción monocasco (*unibody*) en sustitución del sistema de armazón independiente de una envolvente sin función estructural. Su montaje se realiza mediante diferentes soluciones: formando directamente el monocasco, o realizándolo sobre un armazón previo que se integrará finalmente en un cuerpo único.



En estas estructuras, en las que habitualmente cohabitan en diferentes formas el acero, el aluminio y los compuestos, los adhesivos juegan un papel central, principalmente en el montaje de paneles –donde sustituyen a las antiguas soldaduras por puntos– pero también en muchas de las uniones del armazón espacial así como del ensamblaje del conjunto.



También en la industria naval los adhesivos se han generalizado con la construcción con poliéster reforzado, o en los cascos compuestos, por ejemplo armazones de acero con revestimientos de polímeros compuestos.

Pero las aplicaciones serán de todo tipo, desde el montaje de componentes secundarios –como todo tipo de paneles en el acabado interior– hasta el recubrimiento de superficies, como las pinturas anticorrosivas de base epoxi o poliuretano, mucho más adherentes que sus antecesoras.



Un último ejemplo son las aplicaciones en todo tipo de electrodomésticos, tanto en la estructura



como en el montaje de los componentes electrónicos.

El empleo de adhesivos en uniones estructurales va ganando terreno en todas estas industrias, aumentando a medida que se implantan nuevos materiales compuestos, como los polímeros reforzados con fibras de carbono.

Tipos de adhesivos

Toda esta tecnología es posible gracias a un imparable desarrollo de los tipos de adhesivos y sus técnicas de aplicación, apareciendo productos que superan las limitaciones iniciales de fragilidad, deterioro por ataques atmosféricos o escasa durabilidad.

Una clasificación es complicada y nos limitaremos a recordar algunos grupos generales.

Por un lado diferenciamos los adhesivos naturales de los sintéticos. Los primeros están basados en productos biológicos de origen vegetal (la resina, el caucho, el látex, las gomas vegetales), animal (colas animales, gelatinas obtenidas del colágeno, presente principalmente en los mamíferos) o mineral (derivados del petróleo como el asfalto o el betún). Los adhesivos sintéticos son derivados de polímeros, caracterizados por sus largas cadenas moleculares.

Los adhesivos pueden también clasificarse –como todos los polímeros– en función de su organización molecular, de la que depende su comportamiento mecánico y térmico: termoplásticos, termoestables y elastómeros.

Los termoplásticos tienen cadenas moleculares lineales, y por esto se ablandan por efecto de la temperatura y recuperan el estado sólido al enfriarse. Generalmente son flexibles a temperatura ambiente. Grupos representativos son los cianocrilatos (“supercementos” generalmente de dos componentes) y los polivinilos.

Los termoestables tienen cadenas entrecruzadas, por esto son más rígidos y estables, poco solubles y más estables térmicamente, como las resinas estructurales (fenólicas, epoxi, poliéster, etc.).

Y los elastómeros, que son muy elásticos hasta la temperatura de descomposición. Pueden ser naturales (derivados del látex principalmente), gomas sintéticas (caucho butilo, etc.) o poliuretanos.

Otra clasificación es por su curado, los reactivos que polimerizan después de su aplicación (epoxi, poliuretanos, siliconas) o antes de ella (colas de contacto, PVC, cintas adhesivas), aplicados en caliente o en frío, etc.

Los adhesivos más empleados actualmente en construcción pertenecen principalmente a los grupos epoxi, poliéster, silicona, poliuretanos, cianoacrilatos, caucho, formaldehído o resinas acrílicas.

Para usos estructurales cada grupo tiene diferentes aplicaciones. Por ejemplo algunas tienen limitaciones por su alta contracción térmica o reacción ante el agua (resinas de poliéster), las acrílicas se emplean para juntas y sellados por su flexibilidad, las de poliuretano en el montaje de paneles (muy resistentes al calor y la humedad), las siliconas resisten altas temperaturas y tienen una gran flexibilidad, con aplicación a todo tipo de materiales, etc.

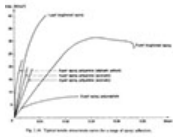
Los formaldehídos tienen su gran campo de aplicación en la madera estructural y los adhesivos epoxi son los de mayores prestaciones estructurales, con comportamientos muy variables según los aditivos añadidos a las resinas, que son el componente fundamental. Tienen altas resistencias, poca contracción y poca sensibilidad a la humedad.

Propiedades de los adhesivos

Aunque las propiedades que más nos importan de los adhesivos son las del material una vez

Table 1.1. Adhesive classification

Class	Type	Notes
Natural	Plant	Resin, latex, etc.
	Animal	Glue, casein, etc.
	Mineral	Asphalt, bitumen, etc.
Synthetic	Thermoplastic	Styrene-butadiene, etc.
	Thermosetting	Epoxide, polyurethane, etc.
	Elastomer	Neoprene, butyl, etc.
	Specialty	Conductive, etc.



endurecido, hay que recordar que se trata de materiales muy inestables y que sus propiedades pueden verse afectadas en las diferentes fases que atraviesan, como el almacenaje o el curado. Muchos de ellos no pueden ser almacenados por largos periodos de tiempo, mientras que en casi todos ellos las condiciones de aplicación –tales como limpieza, presión, humedad, temperatura, viscosidad, tiempo de endurecimiento, etc.– son determinantes para su comportamiento una vez endurecidos.

Todo esto lleva a que los adhesivos se apliquen casi exclusivamente en procesos industriales para garantizar sus propiedades.

En cuanto a su comportamiento mecánico, hay que considerar que varía sustancialmente de unos materiales a otros, y que a su vez el comportamiento de las uniones dependerá de los materiales a unir. No obstante los adhesivos estructurales tienen un en general comportamiento linealmente elástico hasta elevadas tensiones, con altos límites de rotura.

Muchos tienen rotura frágil, incluso los epoxi, pero pueden modificarse mediante cargas para superar esta limitación. Por otra parte, el límite de rotura se establece más bien en el área de contacto que en el propio adhesivo.

En los adhesivos hay que considerar su fluencia o deformación diferida, consecuencia de su carácter viscoelástico (su deformabilidad depende de la intensidad y duración de las fuerzas aplicadas).

El comportamiento mecánico de todos los polímeros está muy determinado por la temperatura, perdiendo en general resistencia al aumentar aquella. Por otra parte un dato característico de los polímeros es su temperatura de transición vítrea, aquella a la que cambian de estado fundiéndose o distorsionándose, y esta temperatura es frecuentemente muy baja en comparación con la de otros materiales de construcción.

En cuanto a la acción del agua, muchos adhesivos son hidrófilos y alteran su comportamiento con la humedad, que puede penetrar en el adhesivo por capilaridad o condensación. El comportamiento suele ser reversible al perder la humedad.

Los adhesivos tienen un comportamiento general con el que estamos poco familiarizados, bien diferente al de los materiales estructurales más habituales. Esto implica necesariamente una gran precaución para sus aplicaciones estructurales, especialmente cuando se pretende una gran durabilidad y resistencia a los agentes atmosféricos, algo característico de la edificación.

Los adhesivos son materiales con un alto impacto ambiental debido a su complejidad química; muchos de sus componentes son materiales con altas emisiones contaminantes, tóxicos o no renovables, además de la alta energía que demanda su producción, y muchos de ellos requieren grandes precauciones en su utilización.

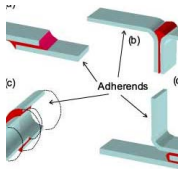
Hay muy poca normativa dirigida a controlar el impacto ambiental de los adhesivos, y por otro lado no parece que sea fácil lograr un cambio de estrategia en su producción, aunque actualmente se trata de reducir su impacto de diferentes formas, evitando el empleo de los componentes más tóxicos (muchos productos solventes, cargas o aditivos) o favoreciendo una nueva generación de adhesivos, como los basados en el agua como disolvente.

Uniones estructurales

Hemos visto que la preparación de las superficies a unir es una condición fundamental para la realización de uniones adheridas estructurales, por lo que se han desarrollado diferentes técnicas, aplicables a diversos materiales y adhesivos. El objetivo de estos tratamientos es múltiple, desde la limpieza hasta la obtención de diferentes grados de rugosidad o comportamiento químico. Por ejemplo sobre los metales son típicos los tratamientos abrasivos o mediante ácidos. Otras técnicas como el plasma se aplican hoy en todo tipo de superficies para mejorar la adherencia.

Como consecuencia de su particular naturaleza, en el diseño de uniones suelen primar algunas consideraciones: que el material menos resistente sea el adhesivo, aumentar en lo posible la superficie adherida, que el adhesivo trabaje a compresión o cortante, que el espesor del adhesivo sea muy reducido y homogéneo.

En consecuencia las soluciones se basan ante todo en consideraciones geométricas, buscando configuraciones que permitan evitar debilidades, y la solución más general es el solape, con la consiguiente aparición de solicitaciones de flexión. Hay que considerar aquí que la extensión de la superficie adherida no es determinante, pues las tensiones se concentran en sus bordes extremos.



Una consecuencia importante de todo esto es que en las uniones no es tan importante la resistencia del material como su deformabilidad, de modo que puedan adaptarse al cambio de forma sin rotura frágil. Finalmente la principal defensa de las uniones adheridas es su resiliencia o capacidad para acumular energía de deformación debido a su carácter viscoelástico: las uniones adheridas pueden comportarse como muelles capaces de deformarse y disipar energía acomodando los cambios tensionales a que las uniones están sometidas y evitando la rotura frágil.

Como la durabilidad es fundamental, el diseño de la unión estará también dirigido a evitar el contacto con el agua, el soleamiento y otros agentes que puedan deteriorar la unión.

Adhesivos en la edificación

Hasta hace pocos años el empleo de los adhesivos en construcción se limitaba a los acabados interiores, especialmente a la aplicación de revestimientos en paredes y suelos. Pero esto ha cambiado, en gran parte como consecuencia de la transferencia desde otras industrias.

El empleo de los adhesivos implica muchas novedades y no cabe duda que ha supuesto cambios significativos en la tecnología de la construcción, participando o impulsando su evolución hacia sistemas más ligeros, industriales y fiables. Pero también supone un cambio drástico del comportamiento de las construcciones tal y como las entendemos, consecuencia de estas características citadas, que introducen variables nuevas en el comportamiento físico del edificio. Las novedades irán acompañadas de nuevas y complejas patologías y problemas.



Especialmente la importancia del control de la ejecución y la preparación de superficies, que son aspectos vitales de las uniones adheridas, y plantean la principal limitación en sus aplicaciones, al tener que ejecutarse muchas veces en obra. Por esto las posibilidades de la adhesión solo se explotan cuando se emplea en elementos industriales. Hay que recordar que, en el caso de la industria del transporte, las aplicaciones de los adhesivos son inseparables de un altísimo nivel de experimentación, investigación, control y mantenimiento.

Otra limitación importante será la durabilidad de los adhesivos, pues aquí los requisitos en edificación son mayores que en otras áreas de aplicación.

Albañilería

Muchas de las primeras aplicaciones de los adhesivos se dirigen a la sustitución de técnicas y procedimientos de la albañilería, mediante una nueva generación de conglomerantes para fábricas y revestimientos basados en la adhesión.



Entre los materiales para revestimientos, un ejemplo son los revocos modificados con resinas sintéticas, generalmente monocapa, que permiten aplicaciones sobre materiales aislantes, y están sustituyendo a los revestimientos tradicionales. Otro grupo son los morteros de látex o "cementos cola", empleados como base para revestimientos cerámicos.

Los morteros para fábricas se realizan generalmente con resinas epoxi. Son mucho más resistentes, con espesores inferiores a las juntas de morteros tradicionales y tienen importantes



campos de aplicación debido a su baja retracción y gran resistencia: unión entre piezas de hormigón prefabricado, fábricas de alta capacidad mecánica, realización de anclajes de todo tipo, etc.



Todos estos materiales tienen otras ventajas, como su dosificación industrial o una aplicación más mecanizada, y en cierto modo han contribuido a tecnificar la albañilería. No obstante, conviene diferenciarlos de sus equivalentes tradicionales, pues frente a ventajas como las mencionadas, pueden plantear importantes incompatibilidades con las técnicas tradicionales, por lo que su aplicación a la rehabilitación debe ser muy cuidadosa: pensar en que los revestimientos serán muchas veces impermeables o las juntas rígidas, frente a la permeabilidad y flexibilidad características de los conglomerantes tradicionales.

Reparación de estructuras

Quizás sea uno de los terrenos donde los adhesivos han supuesto novedades más significativas, al ofrecer o permitir procesos de intervención menos invasivos que los tradicionales. Desde luego se trata de un terreno conflictivo pues necesariamente estamos operando con nuevos materiales sobre una estructura heredada y creando potenciales incompatibilidades, pero en general los beneficios obtenidos superan las limitaciones y riesgos.

En las estructuras de fábrica los adhesivos juegan un papel fundamental en las consolidaciones mediante cosidos, consistentes en la incorporación de armaduras de refuerzo adheridas con resinas epoxi. También los morteros de consolidación inyectados se basan frecuentemente en la adhesión.



En la reparación de estructuras de hormigón armado es donde los cementos modificados por polímeros ofrecen más ventajas, gracias a las posibilidades de dosificación para diferentes aplicaciones, y pueden ofrecer suficiente elasticidad, adherencia, baja contracción, estanqueidad y velocidad de fraguado como para superar a los morteros tradicionales. Estos morteros de reparación son de látex, epoxi, poliéster o acrílicos principalmente, muy empleados en inyección de fisuras y recubrimientos de estructuras dañadas.



Una aplicación destacada de este tipo de polímeros adhesivos es la protección del hormigón armado contra la carbonatación, bien como recubrimiento de las piezas acabadas – recubrimientos adhesivos permeables al vapor y resistentes a la difusión de CO_2 , o de las armaduras.

Los morteros adhesivos se emplean también en refuerzos externos de las estructuras de hormigón, para lograr incrementos en la capacidad mecánica de las piezas bien mediante encamisados o chapas de acero encolados. En estos casos los adhesivos, de nuevo habitualmente morteros epoxi o de látex, juegan el papel de aportar resistencia a cortante.



La aplicación de estos adhesivos requiere una gran atención a la compatibilidad de deformaciones de los materiales, así como a la preparación de las superficies y al proceso de aplicación.

El refuerzo de estructuras de hormigón mediante fibra de carbono es actualmente una técnica en auge. Se trata de una técnica de armado externo en la que el refuerzo tiene la forma de un tejido de fibra de carbono, normalmente zunchados helicoidales en soportes, bandas longitudinales en vigas o forjados y encamisados locales en zonas de cortantes máximos. Esta armadura se fija a la pieza mediante adhesivos epoxi.



También se han empleado refuerzos adheridos en las estructuras metálicas, o en la reparación de estructuras de madera, en este caso para reconstruir secciones dañadas o suplementar su sección con refuerzos metálicos adheridos mediante las mismas resinas, en forma de chapas o

redondos.

Aplicaciones estructurales: uniones adheridas y materiales compuestos

Los adhesivos resuelven muchos problemas para la realización de uniones y es esperable su generalización en este campo.

Una solución muy empleada son los anclajes químicos, donde los adhesivos suelen ser de dos componentes que se ponen en contacto al accionar el anclaje. A la misma familia pertenecerían los anclajes sobre hormigón endurecido realizados con armaduras insertadas en taladros rellenos de resinas.

Como vimos, las uniones adheridas parecen muy adecuadas en la formación de elementos superficiales. Por ejemplo, en la construcción de puentes se han empleado para la conexión del tablero al entramado cuando el primero es prefabricado, sustituyendo a los conectores metálicos. Aplicaciones similares permiten prefabricar tableros mixtos con chapa perfilada que se unirán por adhesión al entramado principal.

Una de las aplicaciones más extendidas la encontramos en la realización de juntas entre elementos de hormigón prefabricado, como en la construcción de tableros de puente mediante dovelas. Tradicionalmente estas juntas se planteaban con espesores del orden de 20 cm para rellenarse con hormigón, y se reducen a 2 - 4 cm si se emplean morteros de baja retracción. Las juntas con adhesivos epoxi logran un mayor monolitismo con espesores inferiores a 2 mm. La junta no es propiamente estructural, al emplearse junto a sistemas de postensado, y sus principales ventajas son su estanquidad y velocidad de fraguado.

En cuanto a la fabricación de piezas, no cabe duda de que el mayor éxito de los adhesivos ha sido la madera laminada, con la que se realizaron primero los tableros contrachapados y finalmente todo tipo de elementos estructurales mediante el encolado de chapas. Además de dotar a la madera de unas nuevas capacidades mecánicas, la libertad de forma y optimización de secciones que permite el nuevo material es más que notable.



La técnica implica lograr unos espesores totalmente controlados de la capa adhesiva, lo que se logra mediante su ejecución por prensado. Los tipos de adhesivo más empleados son resinas sintéticas termoestables, como las fenólicas.



El mismo principio puede aplicarse a otros materiales para formar secciones complejas a partir de la superposición de diversos perfiles, habitualmente extrusiones de aluminio, laminados de acero, perfiles plásticos, etc., o más interesante aún, para formar secciones compuestas por diversos materiales. Igualmente muchos elementos tales como rigidizadores, aletas o suplementos de todo tipo, pueden montarse por adhesión.

De nuevo es en la construcción de puentes de acero donde encontramos algunas aplicaciones, aunque frecuentemente este tipo de uniones son mixtas, empleando tornillos junto al adhesivo, pues la solución mejora sensiblemente el comportamiento de las uniones ante la fatiga.

Paneles: cerramientos y revestimientos

La construcción de elementos multicapa es uno de los campos con mayor potencial para los adhesivos, por ser elementos superficiales, menos afectados por la concentración de tensiones. Por otra parte, en los paneles más complejos intervienen diferentes materiales, y aquí los adhesivos ofrecen más ventajas respecto a otras técnicas de unión.

Los paneles ligeros más empleados son los de chapas exteriores metálicas, de contrachapado de madera o de muchos otros materiales, superpuestas a un alma celular de un material espumado o en nido de abeja. Una de las técnicas empleadas consiste en inyectar el material del alma (poliuretano, con propiedades adhesivas), pero frecuentemente la unión es encolada entre materiales preformados.



El encolado permite además fabricar elementos más complejos, superponiendo entramados metálicos como estructura interna de refuerzo o perfilerías externas de diferente tipo, y aunque la mayoría de los paneles que hoy empleamos son bastante sencillos, podríamos plantear elementos más complejos, similares a los fabricados en automoción. En estos elementos la adhesión permite formas continuas de gran complejidad al aplicarse en múltiples fases del montaje: perfiles compuestos, anclajes y accesorios, formación de superficies y ensamblaje final.



La reunión de los perfiles y paneles compuestos abre un gran campo al diseño de paneles de todo tipo con aplicaciones relevantes en fachadas y especialmente muros cortina.



De hecho es en la tecnología del vidrio donde los adhesivos han jugado un papel más determinante, debido a la dificultad que implican las mecanizaciones de todo tipo en un material característicamente frágil.



En primer lugar, en la formación de elementos multicapa, caso del vidrio laminado y los vidrios con cámara de aire, donde el monolitismo del conjunto está plenamente confiado a la adhesión. Especialmente interesante resulta el desarrollo de los perfiles perimetrales de doble vidrio, donde el adhesivo debe asegurar resistencia mecánica y estanqueidad.



Un paso más serán las siliconas estructurales, que permiten adherir hojas de vidrio a un bastidor de aluminio sin anclajes mecánicos de ningún tipo, aportando nuevas propiedades a las superficies acristaladas al evitar las heterogeneidades de la superficie (los perfiles salientes siempre implican problemas de estanqueidad y dilatación térmica) y evitar concentraciones de tensiones en las fijaciones. Con la silicona estructural la fachada de vidrio es una superficie en la que los adhesivos juegan ya un papel más que determinante.



También se han realizado encolados directos entre vidrios para formar elementos estructurales más complejos y sin perfilerías, y de nuevo será frecuente el recurso a uniones mixtas, tanto por seguridad como por la mayor resiliencia de las uniones.

Por último, hay que recordar la importancia de los adhesivos en el desarrollo de revestimientos continuos formando parte de todo tipo de elementos superficiales, como pavimentos continuos de resinas –cuyo antecedente encontramos de nuevo en los tableros de puentes– y todo tipo de pinturas, láminas impermeables o juntas de sellado.

La adhesión juega un papel fundamental en la efectividad de los recubrimientos, y estos son cada día más importantes en nuestra forma de construir, siendo los tratamientos finales de las organizaciones multicapa, normalmente como capa protectora y de acabado. Son particularmente importantes como protección de los metales ante la corrosión, y del hormigón armado contra la carbonatación y otras agresiones químicas.

Es indudable la importancia que la técnica del lacado ha tenido para la generalización de la construcción metálica, tanto en estructuras vistas como en cerramientos, lo mismo que las protecciones del hormigón en base a capas protectoras: sin ambas técnicas nuestras estructuras serían hoy inviables.

Nuevas técnicas de protección se suman a aquellas, algo que podemos detectar en muchos objetos cotidianos, impecablemente revestidos. Una de estas técnicas son los recubrimientos por proyección térmica o mediante plasma (que es un estado de la materia resultado de la ionización del estado gaseoso), que aplicado sobre una superficie proporciona recubrimientos de gran adherencia y resistencia. Estos recubrimientos pueden ser de todo tipo –cerámicos, metálicos, etc.– y parecen destinados a lograr una nueva generación en el campo de la protección.



Consideraciones finales

Hemos visto en este recorrido que el recurso al montaje mediante adhesivos ha abierto campos interesantes a todas las tecnologías aportando muchas ventajas, desde uniones sencillas y flexibles a la posibilidad de reunir diferentes materiales, pasando por la simplificación de muchos procesos de montaje. En algunos casos las novedades resultantes son tan llamativas como su aportación a las estructuras monocasco, a los paneles aligerados, a la creación de la madera laminada o incluso a la envolvente de vidrio y las técnicas de refuerzo estructural.

Por otra parte, basta pensar en lo desconocido que aún resulta para la ciencia el fenómeno de la adhesión, para intuir hasta que punto el camino por delante resulta verdaderamente abierto.

Quizás lo más sorprendente es que la edificación aparece aquí a la altura de otras tecnologías, desmintiendo la genial apreciación de Fuller de que el progreso de las tecnologías industriales es proporcional a la velocidad con que se mueven los objetos que aquellas producen (o sea, progreso nulo en la edificación).



Parece que los adhesivos jugarán un papel determinante en la industria de la construcción en la medida en que aportan soluciones sencillas a la prefabricación de elementos industriales cada vez más complejos. Si las primeras aplicaciones se dirigen a racionalizar o simplificar la albañilería, las más avanzadas parecen emular a la industria del transporte, abriendo nuevas posibilidades a la prefabricación y a la incorporación de nuevos materiales.

No cabe duda que la evolución reciente de la tecnología de la edificación ha sido más que relevante, y sobre todo que la investigación juega en ella hoy un papel fundamental. Y esto ocurre en la medida en que la arquitectura se integra en el terreno de la producción industrial, fuera de la cual la arquitectura simplemente no es posible.

[T]