

4. Conclusiones

En este apartado vamos a proceder a dar las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados de los ensayos, el orden de conclusiones va ser el mismo que el orden de exposición de resultados. Así procedemos a dar las conclusiones.

4.1. *Efecto de la humedad*

Del análisis de los resultados obtenidos en los ensayos realizados con acondicionamiento previo al curado de los adhesivos vemos que un poco de humedad mejora la resistencia de la unión.

Este resultado es sorprendente, ya que en la mayoría de adhesivos la humedad deteriora la unión bajando la resistencia del adhesivo. Si bien es cierto, que después de haber consultado más de un manual técnico acerca de uniones adhesivas, en todos ellos, todo lo referente a la influencia de la humedad se estudiaba primero curando el adhesivo, es decir, primero realizando la unión y luego sometiendo la unión a ambientes húmedos.

De cada nivel de humedad del ambiente utilizado los mejores resultados se dan cuando el tiempo de exposición es de una hora.

Encontrar una explicación a este fenómeno es complicado, desde luego, aunque la dispersión de los ensayos realizados es baja para ser ensayos de solape simple, es lo suficientemente alta como para que dichos resultados no sean definitivos.

Una posible explicación de este hecho es que la humedad del ambiente reblandezca el adhesivo, de esta forma el adhesivo mojará mejor y cubrirá toda la superficie más adecuadamente, adaptándose de forma más óptima a la rugosidad del material. Pero esta hipótesis tiene un aspecto en contra, ya que, si el adhesivo moja mejor, se adherirá con más eficacia y la rotura será

más de tipo cohesiva que de tipo adhesiva. Si observamos el resumen de cada serie del tipo de rotura vemos que cuanto más humedad más adhesiva es la rotura.

Por supuesto en este ensayo influyen muchos factores que pueden alterar los resultados, el pelable de la parte que se ponía encima del adhesivo después de expuesto a la humedad se eliminaba justo antes de efectuar la unión. El hecho de que la temperatura sea de 25 °C elimina la posibilidad de que se expulsase el poco aire que pudiese introducirse durante la mezcla de los dos componentes que conforman el adhesivo.

No se ha realizado un estudio químico del adhesivo, de este modo no se puede asegurar que el agua que pueda ser absorbida por el adhesivo pueda representar el papel de lubricante que mejora la movilidad de las cadenas poliméricas y mejorar la polimerización tridimensional del adhesivo.

Es por ello, que después de haber consultado los manuales técnicos pertinentes, haber consultado en internet las páginas web de los fabricantes de los adhesivos no pueda dar una explicación de este fenómeno. Queda por tanto pendiente un posterior estudio más completo que pueda dar lugar a obtener un modelo correcto de lo que sucede.

La conclusión es que un poco de humedad es bueno para el adhesivo, mejorando ligeramente su resistencia. Pero tampoco un exceso de humedad es bueno, ya que para exposiciones muy elevadas como la de la serie-09 se reduce el valor de la resistencia de la unión.

4.2. *Influencia del espesor de adhesivo*

En este caso del análisis de los resultados del efecto del espesor de adhesivo se ve claramente que una unión adhesiva de pequeño espesor tiene una mayor resistencia.

En los manuales consultados viene recogido que las uniones adhesivas dan mejor resultado cuando su espesor es pequeño. La explicación de esto es por dos fenómenos que aumentan el momento flector en la unión, y por tanto, la tensiones de pelado que debilitan sensiblemente la resistencia de la unión, por crear grietas que progresan fácilmente por el adhesivo.

El primero de los fenómenos y el más claro es que al aumentar el espesor de adhesivo los adherentes se separan el uno del otro, y con ello se incrementa el momento flector, por el hecho de que las cargas se transmiten más alejadas del centro de gravedad de la unión.

El segundo de los fenómenos es que la tensión no se transmite perpendicular a lo largo del espesor del adhesivo, sino que sigue la línea que une los extremos de la zona a solape. Es una línea diagonal, en la figura se muestra la idea.

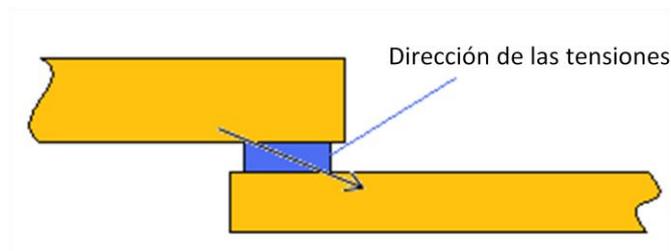


Figura 43. Esquema de transmisión de las tensiones

Este hecho genera también un momento flector que sumado al anterior reduce la resistencia de la unión. Cuanto más pequeño sea el espesor de la unión, más cercas están los adherentes del centro de gravedad de la unión y

más horizontal es la línea que siguen las tensiones, siendo menor el momento flector que genera.

La diferencia entre la resistencia de la serie con espesor de 0.6 mm y la de 3 mm de espesor es de un 39.45 %, es una diferencia considerable.

Como conclusión podemos decir que este adhesivo da mejores resultados con espesores pequeños que con espesores grandes.

4.3. Efecto del ciclo de curado

Durante el ciclo de curado se produce la polimerización del adhesivo, esto quiere decir que durante este proceso se forman redes tridimensionales de cadenas poliméricas. En este proceso se generan los enlaces necesarios. Lo que ocurre es que los carbonos con doble enlace pierden un enlace para crear otro con una cadena adyacente, de esta forma se produce la unión.

Además se produce una interacción entre las moléculas del adhesivo y las moléculas de la superficie de los adherentes. Algunos adhesivos necesitan energía para poder realizar este proceso y otros no, lo hacen de forma espontánea, pero si se le da energía el proceso es más rápido.

En este proceso influye tanto el tiempo que esté el adhesivo expuesto a alta temperatura como la temperatura a la que esté expuesto.

En este caso parece que es más importante una alta temperatura que un largo tiempo expuesto. La serie que da mejores resultados es la serie número 13 que tiene un curado de 90 °C y 40 minutos. La diferencia entre esta serie y la que da resultados intermedios es de un 15.87 % y la de la serie 13 y la que da resultados más bajos es de un 29.97 %.

Como era de esperar, para igualdad de tiempo de exposición, se han recogido mejores resultados para temperaturas superiores, así tanto la serie 12 y la 14 tienen tiempo de curado de 80 minutos, pero la serie 12 tiene una temperatura de curado de 60 °C y la 14 una temperatura de 40 °C. Dando resistencia mayor la serie 12, la diferencia entre la serie 12 y la 14 es de un 16.76 %

Como conclusiones obtenemos que la influencia de la temperatura es mayor que la del tiempo, tiempos bajos y altas temperaturas dan mejores resultados que tiempos altos y temperaturas bajas. Además para tiempos de exposición iguales a más alta temperatura, mejores resultados.

4.4. Efecto del vacío

En este caso como se ha comentado anteriormente, el vacío que se quería aplicar a la unión era tan pequeño que el autoclave no era capaz de dar un vacío constante. Esto provocó una constante oscilación en torno a un valor cercano al deseado. Aunque sí hay una presión diferencial entre cada serie, la evolución de la presión con el tiempo no es lo suficientemente estable como para que se puedan sacar conclusiones firmes.

Si bien es cierto lo anterior, parece que la diferencia de vacío entre una y otra serie es muy pequeña como para que aparezca diferencias significativas en la resistencia de la unión. Los valores son casi idénticos.

A pesar de lo expuesto parece que a más vacío, más alta es la resistencia, siendo la diferencia entre la serie con un vacío de – 30 mbar y la serie de – 10 mbar de un 5.74 %. Una posible explicación de esto es que al ser la depresión mayor y tener tanta oscilación se produce un vibrado de la unión que ayuda a la correcta extensión del adhesivo por toda la zona de unión. De ahí que a mayor vacío, mayor vibración y mayor resistencia.

Otro aspecto que explica los resultados obtenidos es que al aplicar un vacío más alto, se elimina más aire que se encuentra ocluido en el adhesivo y además la bolsa de vacío comprime más el encolado, sometiendo a la unión a una presión mayor.

4.5. Efecto del tiempo sin pelable

El objetivo de la inclusión de un pelable es que proteja la superficie de los adherentes hasta el momento de la realización de la unión. La protección de la superficie de los adherentes es de la humedad del ambiente, de partículas del aire que puedan ensuciar la superficie, dichas partículas de polvo y otros elementos se quedan entre la superficie de los adherentes y el adhesivo generando concentradores de tensiones que merman tanto la resistencia de la unión como la resistencia a fatiga de la unión.

En este caso como era de esperar, la conclusión que podemos obtener de este estudio es que a mayor exposición de las superficies de los adherentes a la intemperie menor es la resistencia de la unión. De este modo la serie con 6 horas de exposición a la intemperie es la que más resistencia tiene, la que tiene 12 horas es la de valor medio y la de 24 horas tiene el menor valor de las tres series.

Las diferencias entre los resultados de cada serie dejan claro estos resultados, así la serie con una tensión última superior tiene una resistencia media de 22.36 MPa, mientras que la serie con 12 horas de exposición tiene una tensión última un 19.86 % menor y la serie con menor resistencia tiene una tensión última un 33.75 % menor que la de mejores resultados.

Como conclusión tenemos que la exposición a la intemperie reduce la resistencia de este adhesivo.

4.6. Efecto del tipo de pelable y sistema de desmolde

Atendiendo a la tensión de rotura obtenida en los ensayos se tiene que cuando se utiliza un sistema de desmolde con base solvente los resultado son mejores que cuando se utiliza un sistema de desmolde con base agua. En la siguiente gráfica se muestra como el sistema de desmolde base disolvente da mejores resultados que el base agua.

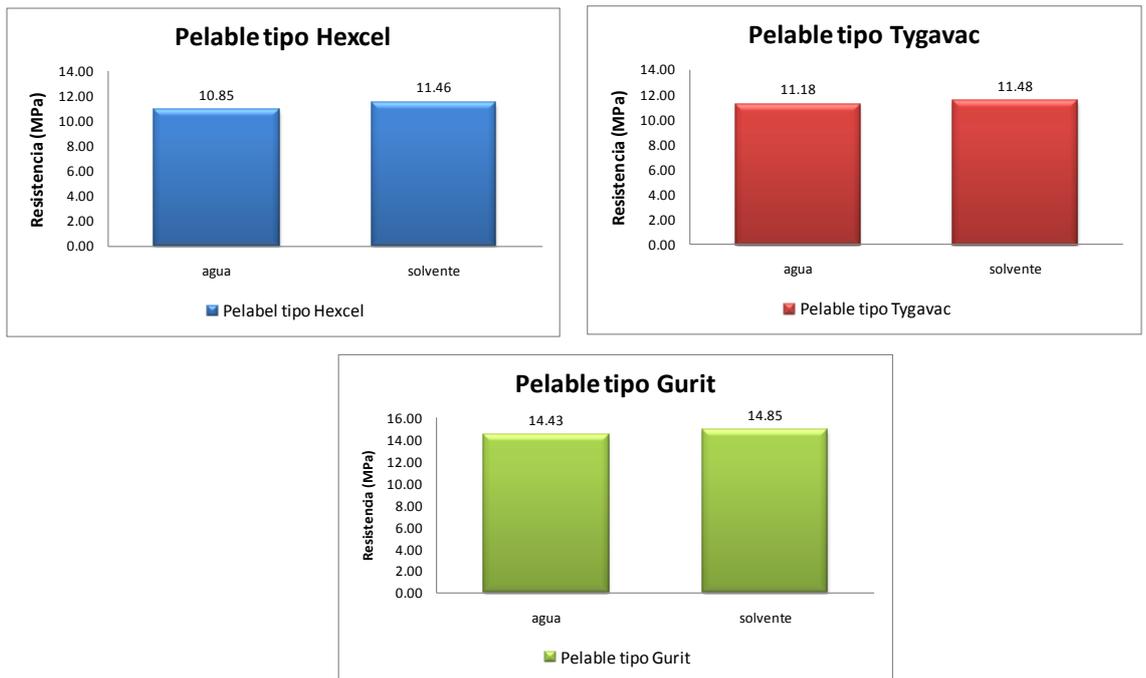


Figura 44. Comparación de los sistemas de desmolde

Atendiendo al tipo de pelable tenemos que los mejores resultados se obtienen con el pelable tipo Gurit. Tanto para agua como para solvente.

4.7. Resumen de conclusiones

Vamos a hacer un resumen de las conclusiones obtenidas a lo largo del proceso:

- Un poco de humedad mejora la resistencia del adhesivo, pero un exceso de humedad la reduce
- Menor espesor de adhesivo mejora la resistencia de la unión
- La temperatura produce mejores resultados que el tiempo de exposición, de este modo ciclos de curado con altas temperaturas y bajos tiempos son mejores que ciclos con bajas temperaturas y altos tiempos de ejecución
- El efecto del vacío no deja resultados muy claros, pero parece que a más vacío mejor resistencia del material
- Cuanto menos tiempo estén las superficies de los adherentes a la intemperie mejor
- El sistema de base solvente proporciona una tensión última más alta que el sistema de base agua y el pelable con resultados más altos los da el pelable tipo Gurit
- El análisis de cada serie en función del lugar de donde se obtiene la probeta nos garantiza que se produjo el curado completo de todo el adhesivo

4.8. Recomendaciones

Para concluir este proyecto se aportan una serie de recomendaciones. Deducidas durante el desarrollo del proyecto, las cuales paso a detallar:

- Es aconsejable tener la superficie (o superficies) a encolar protegidas por el pelable hasta el momento del encolado. No se recomienda dejar a la intemperie las superficies de los adherentes a encolar.
- Es recomendable uniones de pequeño espesor. A menor espesor, mejores resultados. Se recomiendan espesores inferiores a un milímetro
- Curar el adhesivo a temperaturas del orden de 90 °C. Ciclos de curado con temperaturas altas y tiempos cortos dan mejores resultados que ciclos de curado con baja temperaturas y tiempos prolongados
- Los ambientes con humedades relativas de en torno a 60 % son los más adecuados