



Resinas Sintéticas

Formulación

De

Sistemas Epoxi

2005

Agentes de Curado y Resinas

La formulación de los sistemas epoxi requiere el conocimiento de la estequiometría y el manejo de la mezcla entre los distintos componentes. Para la obtención de resultados óptimos, estos sistemas se formulan generalmente respetando las proporciones de resina y endurecedor que surgen de los cálculos estequiométricos.

En la siguiente guía se hace una breve referencia al sistema de cálculo que debe utilizarse. Hagamos primero un breve resumen de los conceptos y terminología empleados.

Peso Equivalente Epoxi o Equivalente Epoxi

Es la cantidad de resina epoxi (expresada en peso -grs-) que contiene un grupo oxirano.

Peso Equivalente Hidrógeno Activo o Equivalente Hidrógeno

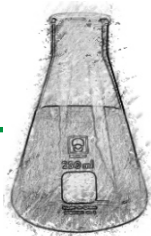
Es la cantidad de agente de curado (expresada en peso -grs-) que contiene un átomo de reactivo frente al oxirano.

Valor amino

Es la cantidad (expresada en m.equiv. de HOK) de Nitrógeno (protonables) que existe en 1 gr de agente de curado.

Abreviaturas utilizadas:

E.Epx.	:Peso Equivalente Epoxi
EHA.	:Peso Equivalente Hidrógeno Activo
VA.	:Valor Amino
Pps	:Partes en peso
Pcr (phr)	:Partes por cien Partes de Resina



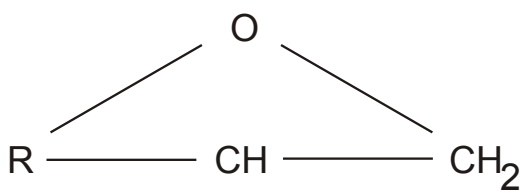
Para calcular la correcta relación de uso de un Agente de Curado y una Resina Epoxi, debe disponerse de la siguiente información:

- Equivalente Hidrógeno Activo del endurecedor o de la mezcla de endurecedor a usar.
- Equivalente Epoxi de la resina ó mezcla de resinas a usar.
- Cantidades de otros componentes presentes en la composición del sistema .

La relación de uso puede calcularse sobre el total de componentes reactivos y no reactivos, es recomendable realizar los cálculos estequiométricos sobre los componentes activos y luego calcular las cantidades de componentes no activos a agregar.

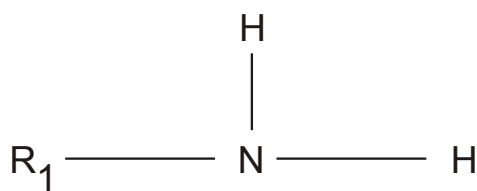
Estequiometria de la combinación Resina Epoxi - Endurecedor

El Equivalente Epoxi, como se definió anteriormente, es la cantidad de resina (expresada en peso) que contiene un grupo oxirano. El grupo oxirano reacciona con un átomo de H activo presente en el endurecedor, la cantidad de endurecedor (expresado en peso) que contiene un átomo de Hidrógeno como Equivalente Hidrógeno. (El peso Equivalente Epoxi se combina con el peso Equivalente Hidrógeno Activo)

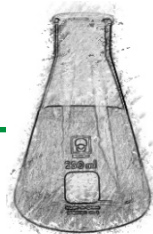


Masa 1 = peso Equiv. Epoxi

+



Masa 2 = peso Equiv. H activo



Si queremos expresar la cantidad de Agente de curado por cien partes de Epoxi:

$$\text{Agente de curado Pcr (phr)} = \frac{\text{EHA}}{\text{E.Epx.}} \times 100$$

Ejemplo:

Una epoxi líquida básica de E. Epx. 190 se combina con un Agente de Curado de EHA. 95.

¿Qué cantidad de endurecedor se combina con 100 grs de resina?

$$\text{Pcr (phr)} = \frac{95}{190} \times 100 = \boxed{50 \text{ grs}}$$

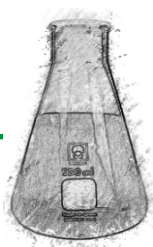
Mezclas de Resina Epoxi

El equivalente epoxi de una mezcla n componentes (mezcla de epoxi de distintos E. Epx) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{M_m}{\text{E.Epx.}_m} = \frac{M_1}{\text{E.Epx.}_1} + \frac{M_2}{\text{E.Epx.}_2} + \frac{M_3}{\text{E.Epx.}_3} + \dots + \frac{M_N}{\text{E.Epx.}_N}$$

Luego...

$$\text{E.Epx. de la mezcla} = \frac{M_m}{\frac{M_1}{\text{E.Epx.}_1} + \frac{M_2}{\text{E.Epx.}_2} + \frac{M_3}{\text{E.Epx.}_3} + \dots + \frac{M_N}{\text{E.Epx.}_N}}$$



- M_m = masa total de la mezcla de resinas
- $M_1 \dots M_N$ = masas individuales de cada resina epoxi de la mezcla
- $E.Epx. 1 \dots N$ = Equivalentes epoxi de cada resina de la mezcla
- $E.Epx. m$ = Equivalente epoxi de la mezcla de resinas

Mezclas de Agentes de Curado

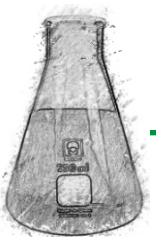
El equivalente Hidrógeno Activo de una mezcla de n componentes (mezcla de diferentes agentes de curado con distintos EHA.)

$$\frac{M_m}{EHA_m} = \frac{M_1}{EHA_1} + \frac{M_2}{EHA_2} + \frac{M_3}{EHA_3} + \dots + \frac{M_N}{EHA_N}$$

Luego...

$$EHA \text{ de la mezcla} = \frac{M_m}{\frac{M_1}{EHA_1} + \frac{M_2}{EHA_2} + \frac{M_3}{EHA_3} + \dots + \frac{M_N}{EHA_N}}$$

- M_m = masa total de la mezcla de resinas
- $M_1 \dots M_N$ = masas individuales de cada endurecedor de la mezcla
- $EHA 1 \dots N$ = Equivalentes epoxi de cada resina de la mezcla
- $EHA m$ = Equivalente epoxi de la mezcla de resinas



Ejemplos:

Supongamos el siguiente caso práctico: Se dispone de un sistema epoxi mezcla con la siguiente composición:

Resina líquida básica	(E.Epx: 190)	90 grs
Resina semisólida	(E.Epx. 260)	85 grs
Diluyente reactivo	(E.Epx. 290)	15 grs

El cual se desea combinar con la cantidad adecuada de una mezcla de endurecedores de la siguiente composición:

Resina líquida básica	(E.Epx: 190)	90 grs
Resina semisólida	(E.Epx. 260)	85 grs

Primer paso:

Calculamos el E. Epx. De la mezcla de resinas epoxi y diluyente.

$$\text{E. Epx. Mezcla} = (90 + 85 + 15) / [(90 / 190) + (85 / 260) + (15 / 290)] = 190 / 0.852 = \boxed{223}$$

Segundo paso:

Calculamos el HAE de la mezcla de Agentes de curado.

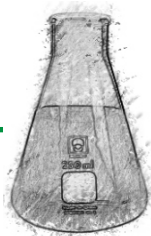
$$\text{HAE mezcla} = (200 + 130) / [(200 / 195) + (130 / 98)] = \boxed{140}$$

Los cálculos indican que 223 grs de mezcla de epoxi se combinan con 140 grs de mezcla de agentes de curado.

Tercer paso:

Expresamos el resultado para 100 partes en peso de resina epoxi

$$100 \text{ pps de mezcla de epoxi con : } 100 * (140 / 223) = 63 \text{ pps de mezcla de endurecedores}$$



Soluciones de Resinas Epoxi

En el caso de las resinas epoxi en solventes, es usual referirse al Peso Equivalente Epoxi del material sólido junto con la referencia al porcentaje de no volátiles del material, así es común por ejemplo el siguiente planteo.

Resina epoxi Epindur EP 1301 de equivalente epoxi 500 al 70 % de no volátiles en solución de xileno; en este caso para conocer la cantidad de agente de curado a emplear, bastará hacer el cálculo de la cantidad real de la resina presente en la solución y luego, conociendo su Equivalente Epoxi, el de la cantidad de endurecedor que le corresponde.

Ejemplo:

Calculamos la cantidad de agente de curado de equivalente hidrógeno 190 que es necesario para curar completamente 150 grs de resina epoxi de equivalente 475, en solución al 75 %.

Cantidad de N.V. de resina epoxi = $150 \times 0.75 = 112.5$

Si 475 grs (E. Epox.) se combinan con 190 grs de agente de curado (EHA)

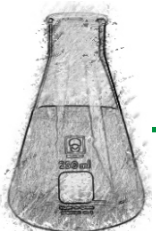
Entonces

112.5 grs se combinan con $(112.5 \times 190) / 475 = 45$ grs

Es decir el sistema final estará formado por:

112.5	grs de sólidos de epoxi
+ 37.5	grs de solvente de la solución epoxi
+ 45.0	grs de agente de curado

Otra forma de cálculo es utilizando directamente el equivalente epoxi corregido por el valor de N.V. (tengamos en cuenta que si la resina está diluida o tiene un agregado no reactivo será necesaria mayor masa para contener un oxirano por lo tanto el peso equivalente epoxi aumenta en función del agregado o de la dilución).



$$\text{E.Epx. de la solución} = \frac{\text{E.Epx. De la resina sólida}}{\% \text{ N.V. De la solución}} \times 100$$

En el caso del ejemplo:

$$\text{E.Epx. de la solución} = \frac{475}{75} \times 100 = 633$$

(Al estar el producto diluído es mayor la masa de solución que contiene un grupo oxirano)

Luego para calcular la masa de endurecedor para curar 150 grs de solución al 75%, tenemos:

$$633 \text{ grs (E.Epx. Solución)} \longrightarrow 190 \text{ (HAE endurecedor)}$$

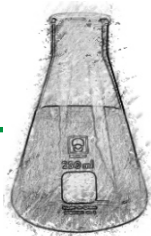
$$150 \text{ grs (masa de solución)} \longrightarrow (190 * 150) / 633 = \mathbf{45.0 \text{ grs}}$$

Soluciones de Agentes de Curado

Si bien el peso Equivalente Hidrógeno Activo (EHA o Equivalente Hidrógeno) expresa el peso de endurecedor por átomo de H reactivo frente al oxirano sin agregados de solventes, es útil en algunos casos calcular el EHA de una solución de endurecedor en un determinado solvente. En general esta situación se da en casos donde el proveedor suministra una solución del agente de curado, para evitar cálculos el fabricante especifica el HAE de la solución, con lo que el cálculo es directo y evita la conversión.

Por ejemplo, si tomamos un endurecedor de EHA 180 y lo disolvemos para obtener una solución al 80 % de N.V. el HAE de la solución será:

$$\text{E.Epx. de la solución} = \frac{\text{EHA real}}{\% \text{ N.V. Solución}} \times 100 = \frac{180}{80} \times 100 = 225$$



Acelerantes

Ya sea por las características de reactividad de los materiales o por las condiciones en las que se produce, en algunos casos el curado suele acelerarse mediante diferentes mecanismos:

- Mezclas de endurecedores lentos con otros más rápidos.
- Uso de compuestos acelerantes de acción catalítica.

A los efectos de la estequiometría de la reacción y cálculo de las relaciones de mezcla podemos definir al primer tipo de acelerantes como “activos” y el segundo como “catalíticos”.

Acelerantes Activos:

Son en si mismos endurecedores rápidos, intervienen en la reacción y a los efectos del cálculo deben usarse las fórmulas de mezcla de endurecedores, con las proporciones en las que participan.

Ejemplos: Aminas alifáticas puras o mezclas de aminas, condensados amino-fenólicos, bases de Mannich, etc.

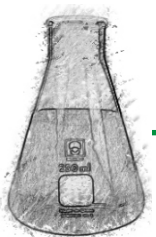
Acelerantes Catalíticos:

No intervienen en la reacción, de forma sensible. De manera que no son contemplados en los cálculos estequiométricos.

Ejemplos: Aminas terciarias, Fenoles, algunos alcoholes, complejos amino-metálicos, etc.

Nota:

El uso de acelerantes debe ser cuidadoso, si bien no intervienen en la reacción, pueden modificar la estequiometría pues catalizan también la homopolimerización de la resina epoxi, restando de esta manera grupos oxirano con la consecuente aparición de agente de curado no reaccionado y pérdida de propiedades.





Resinas Sintéticas

Los Ceibos 455 (B1609AVI) Boulogne Sur Mer
Prov. Bs. As. - Argentina

Tel.: (54 - 11) 4766 - 1252 / 1470 / 1423 Fax: (54 - 11) 4763 - 0810

E - mail: indur@indur.com

www.indur.com