

5. Beneficis ambientals del reciclatge del vidre

Objectius:

Analitzar com la utilització de vidre reciclat redueix l'impacte sobre el medi ambient. Posarem un èmfasi especial en la quantificació de l'estalvi energètic.

No hi ha cap mena de dubte que el reciclatge del vidre és una activitat més respectuosa amb el medi ambient que no pas la fabricació del vidre a partir de minerals. En aquest capítol analitzarem de manera sistemàtica aquests «beneficis ambientals». Els estructurarem d'acord amb els punts següents:

- a) estalvi d'energia
- b) disminució d'emissions contaminants
- c) estalvi de matèries primeres

Balanç de masses al forn de fusió

L'eficiència dels processos de producció de l'enginyeria química se sol analitzar a partir del balanç de masses i del balanç d'energia. En general, un balanç de masses detallarà les entrades de materials $IN1$, $IN2$... i els residus o subproductes generats, RES , per a la producció, P , d'un material determinat (vegeu l'esquema de la figura 1). La conservació de la massa implica, necessàriament, que:

$$IN1 + IN2 + \dots = P + RES \quad (1)$$

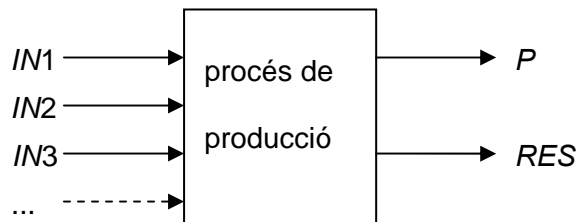


Figura 1. Diagrama de la conservació de la massa

Diguem, de passada, que els grups ambientalistes i les persones sensibilitzades amb la degradació del medi ambient tendeixen a fixar-se en els residus (RES) generats, tot oblidant moltes vegades el benefici (el producte, P) que s'obté de l'activitat. Tanmateix, si el producte és necessari, llavors l'anàlisi correcta ha de passar, per exemple, per la comparació de la relació RES/P de les diverses alternatives de fabricació del producte. Vist d'aquesta manera, les diverses alternatives seran més o menys correctes ambientalment i en podrem establir una gradació amb criteris objectius.

L'objectiu del balanç de masses és optimitzar els processos de tal manera que per a una producció P donada, el volum de residus i, per tant, el volum de matèries primeres sigui mínim. En la figura 2 es detalla el balanç de masses en la producció de vidre quan una part de les matèries primeres és substituïda per vidre reciclat. Expliquem els termes que surten a la figura. El forn es carrega amb una barreja de matèries primeres (M) i de vidre reciclat que pot provenir d'un proveïdor extern (C_e) o bé de peces defectuoses dins de la mateixa fàbrica (C_i). Tanmateix, la massa de vidre que s'extreu del forn (E) no serà igual a la càrrega (T), sinó que en el procés de fusió es produirà una pèrdua de massa

per descomposició del carbonat de Ca i del sulfat de Na (fundent) (L_m). Les pèrdues L_m són inevitables i, típicament, representen el 10%-20% de M . Finalment, la producció P serà inferior al vidre que s'extreu del forn a causa de: *a*) les pèrdues de vidre que no es poden reaprofitar (L_g) i *b*) el vidre que sí que es pot tornar a fondre (C_i).

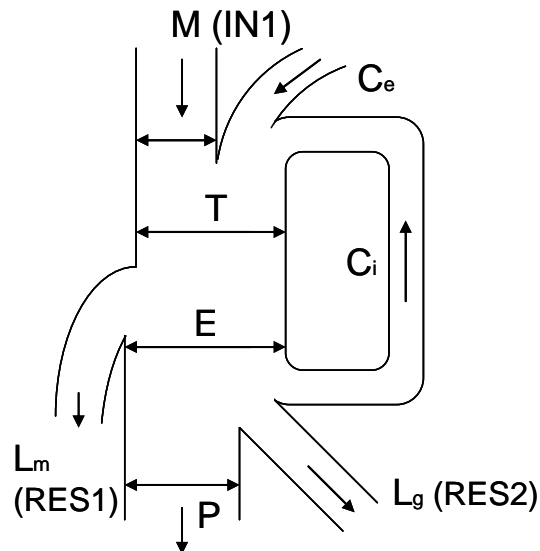


Figura 2. Balanç de masses al forn de fusió del vidre (els diversos termes estan explicats al text)

Des d'un punt de balanç de masses, la incorporació de vidre reciclat extern (C_e) millora l'eficiència del procés per dues raons: es redueix el consum de matèries primeres (M) i es disminueixen, proporcionalment, les pèrdues per fusió (L_m).

Estalvi energètic en les matèries primeres

La reducció en l'ús de matèries primeres comporta, també, una disminució de l'energia necessària per produir el vidre. Considerem les tres etapes en el processament de les matèries primeres: *a*) l'extracció, *b*) la trituració i *c*) el transport.

Com que el vidre reciclat també necessita que el triturarem i el transportem, considerarem que l'estalvi energètic lligat a la reducció de matèries primeres provindrà, principalment, de l'extracció. De les matèries primeres utilitzades (sorra, carbonat i sulfat de Na), el sulfat és el que necessita més energia per a la seva producció: 10 MJ/kg de Na_2SO_4 . Com que, de mitjana, el 23% de les matèries primeres és sulfat de Na, s'estalviaran, aproximadament, 2 MJ/kg de vidre reciclat que entri al forn.

Estalvi energètic en la fusió

El procés de fusió de les matèries primeres necessita aportació d'energia per diversos conceptes:

1. *Mantenir la diferència de temperatura* desitjada entre el forn i l'ambient, ΔT :

$$Q_R = \frac{\Delta T}{R},$$

on R és la resistència tèrmica entre el forn i l'ambient.

2. *Escalfar els minerals* des de la temperatura ambient fins a la temperatura màxima del forn (1500 °C):

$$Q_c = mc_p(T_{\max} - T_{\text{amb}}),$$

on m és la massa que s'ha d'escalfar i c_p , la calor específica de les matèries primeres. Q_c val, aproximadament, 4,8 MJ/kg de vidre.

3. *Descompondre el carbonat càlcic segons la reacció:*



Com que la calor d'aquesta reacció és de 177.8 kJ/mol (1.8 MJ/kg de carbonat), i per 1 kg de vidre verge es consumeixen uns 150 g de carbonat, resulta que per aquest concepte es gastaran aproximadament 0,3 MJ/kg de vidre.

4. *Fondre els minerals cristal·lins* requereix una despesa d'energia proporcional a la calor latent de fusió, L_f .

$$Q_f = mL_f$$

Per al conjunt de minerals utilitzats, $Q_f = 0,8$ MJ/kg de vidre.

Quan s'utilitza vidre reciclat, ens estalviem tant la calor de descomposició (Q_d) com la calor de fusió (Q_f). Aquest segon terme no és necessari per a un vidre reciclat, perquè el vidre és, de fet, com un líquid de viscositat molt elevada. Pròpiament hem de dir que, quan l'escalfem, el vidre no es fon, sinó que es reblaneix. Si agrupem els estalvis d'aquests dos termes, arribem a la conclusió que la introducció de vidre reciclat estalviarà:

$$\text{estalvi d'energia} = 1.1 \frac{(C_i + C_e)}{E} \text{ (MJ / kg de vidre)},$$

on els paràmetres que figuren a la fórmula són els de la figura 2.

D'altra banda, els altres dos termes (Q_c i Q_R) tindran valors semblants encara que introduïm vidre reciclat al forn. Podem apreciar l'estalvi d'energia en la figura 3, on es representa l'energia consumida al forn de fusió en funció del percentatge de vidre reciclat.

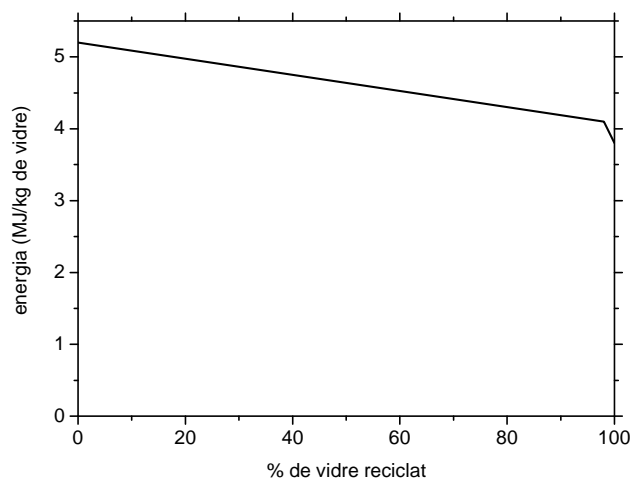


Figura 3. Energia gastada al forn de fusió en funció del percentatge de vidre reciclat

La disminució addicional que s'observa prop del 100% és deguda al fet que si s'utilitza només vidre reciclat no cal una temperatura tan elevada, de manera que hi haurà un

estalvi addicional que provindrà d'una reducció de Q_c i Q_R . Amb només vidre reciclat, la temperatura del forn és més baixa per dues raons: no s'han de fondre els grans de quars i l'afinament és més ràpid.

L'energia per produir 1 kg de vidre ha anat disminuint monòtonament al llarg dels anys (figura 4). Una part d'aquest estalvi s'ha d'atribuir a la utilització del vidre reciclat (sobretot els estalvis més recents). S'ha de dir, tanmateix, que els estalvis espectaculars entre els anys cinquanta i setanta van ser deguts a una millora en el disseny dels forns (ús d'aïllants millors i recuperació de la calor).

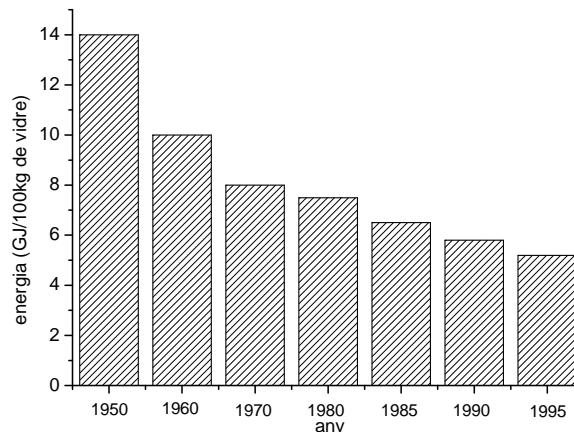


Figura 4. Evolució de l'energia gastada al forn de vidre al llarg dels anys

Ens podem fer una idea de la importància del reciclatge del vidre si diem que l'any 2000 el contingut en vidre reciclat dels envasos era del 53% a Holanda.

Estalvi d'emissions contaminants

El terme *emissions* fa referència als gasos o partícules sòlides que s'emeten a l'atmosfera. En la taula I detallem les emissions més importants que es generen durant la producció de vidre. Veiem que la disminució d'emissions quan s'utilitza vidre reciclat provindrà tant de l'estalvi d'algunes matèries primeres com de l'estalvi d'energia (essencialment la disminució en el consum de fuel).

El vidre 100% reciclat no necessita carbonat càlcic. Podríem pensar, erròniament, que les emissions de CO_2 cauen a zero amb el vidre reciclat. Tanmateix, això no és així, atès que el 90% del CO_2 emès en la producció del vidre verge prové de la combustió del fuel.

El cas dels òxids de sofre (SO_x) és diferent. Tot i que una part prové del fuel, majoritàriament es generen durant la descomposició del sulfat de Na. Com que aquesta substància no s'utilitza amb el vidre reciclat, les emissions de SO_x disminueixen dràsticament.

Tot i que els gasos corrosius HCl i HF també s'emeten amb el vidre reciclat, l'emissió disminuirà perquè el forn treballa a una temperatura inferior.

La pols generada és superior amb el vidre verge perquè aquesta és arrossegada cap a l'exterior pels gasos que es desprenen durant els processos de descomposició dels minerals. Amb el vidre reciclat es genera menys pols i, el que és més important, la pols que es genera conté menys partícules fines.

En conjunt, la reducció de contaminants que s'assoleix amb el vidre reciclat se circumscriu principalment a l'etapa de producció del vidre, ja que els envasos de vidre dipositats en un abocador constitueixen un material inert que no genera cap mena de contaminants.

Estalvi de matèries primeres

Com que per fabricar 100 kg de vidre es necessiten uns 120 kg de minerals (recordem que les pèrdues per descomposició dels carbonats i sulfats són el 20%), aquest serà l'estalvi «directe» en matèries primeres. D'altra banda, com que l'energia prové principalment de fonts no renovables, un estalvi d'energia significa, també, un estalvi de matèries primeres.