



A5. Es torra pirita ( $\text{FeS}_2$ ) impura, amb la finalitat d'obtenir 100 tones diàries de triòxid de sofre en un procés continu que no es para en cap moment. La pirita té una composició del 50% de sofre, 40% de ferro, 1,5% de coure, 0,5% d'arsènic i un 8% de quars (diòxid de silici). En torrar la pirita, tots el elements passen als òxids superiors, llevat del sofre, que es converteix en diòxid de sofre. Calculeu:

- El consum de mineral per hora.
- El volum d'aire teòricament necessari en condicions normals per torrar 1 tona de pirita, en la suposició aproximada que l'aire conté un 20% d'oxigen en volum.
- La massa de residus sòlids, expressada en tones, que s'obtenen diàriament a la factoria.

*Se tuesta pirita ( $\text{FeS}_2$ ) impura, con el fin de obtener 100 toneladas diarias de trióxido de azufre en un proceso continuo que no se para en ningún momento. La pirita tiene una composición del 50% de azufre, 40% de hierro, 1,5% de cobre, 0,5% de arsénico y un 8% de cuarzo (dióxido de silicio). Al tostar la pirita, todos los elementos pasan a los óxidos superiores, salvo el azufre, que se convierte en dióxido de azufre. Calcular:*

- El consumo de mineral por hora.*
- El volumen de aire teóricamente necesario en condiciones normales para tostar 1 tonelada de pirita, en la suposición aproximada que el aire contiene un 20% de oxígeno en volumen.*
- La masa de residuos sólidos, expresada en toneladas, que se obtienen a diario en la factoría.*

Asumimos datos de masas atómicas Fe=55,8; S=32,1; Cu=63,5; As=74,9; Si=28,1; O=16,0

a) Necesitamos conocer qué parte de S está como pirita pura y cual está como impureza, ya que una parte formará  $\text{SO}_3$ , y otra  $\text{SO}_2$ ; enunciado indica “salvo el azufre, que se convierte en dióxido de azufre”

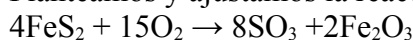
En  $\text{FeS}_2$  puro tenemos %Fe =  $(55,8/(55,8+2\cdot 32,1))\cdot 100=46,5\%$ , y 53,5% de S.

En el 90% del mineral tenemos  $(40/90)\cdot 100=44,4\%$  de Fe y 55,6% de S

Como el porcentaje de azufre en el mineral es mayor al estequiométrico de  $\text{FeS}_2$ , el mineral contiene  $\text{FeS}_2$  pura más cierta cantidad de S (asumimos que no hay impurezas de Fe sin formar parte de la pirita pura), que sería  $(44,4/46,5)\cdot 53,5=51,1\%$  de S sobre el 90%, que supone un 46% de S sobre el total.  $(40/46=44,4/55,6)$  Se puede decir que del mineral el 40% de Fe y 46% de S están asociados a pirita  $\text{FeS}_2$ , y el otro 4% de S es impureza que no forma parte de la pirita.

La masa molar de  $\text{SO}_3$  son  $32,1+3\cdot 16=80,1$  g/mol, por lo que en  $100\text{ t} = 100\cdot 10^6$  g  $\text{SO}_3$  tenemos  $100\cdot 10^6/80,1=1,25\cdot 10^6$  mol  $\text{SO}_3$

Planteamos y ajustamos la reacción en la que se obtiene  $\text{SO}_3$ .

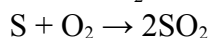
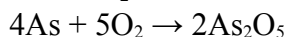
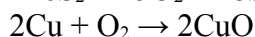
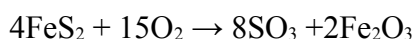


$$1,25\cdot 10^6 \text{ mol SO}_3 \cdot \frac{4 \text{ mol FeS}_2}{8 \text{ mol SO}_3} \cdot \frac{2\cdot 32,1 \text{ g S}}{1 \text{ mol FeS}_2} \cdot \frac{100 \text{ g mineral}}{46 \text{ g S}} = 8,72\cdot 10^7 \text{ g mineral} = 87,2 \text{ t mineral}$$

b) Enunciado indica “una tonelada de pirita”, tras haber utilizado “mineral” en apartado a, y surge la duda de si hace referencia a la “pirita [pura]” o a “pirita [impura, mineral]”.

Aunque hubiera sido más lógico que el enunciado usase de nuevo “mineral”, asumimos que hace referencia a pirita impura para tratar el caso más complejo; hay que considerar el oxígeno asociado a la pirita pura y a otras reacciones.

Planteamos y ajustamos todas las reacciones en las que interviene oxígeno, poniendo los óxidos con mayor número de oxidación de los metales, salvo el azufre como indica el enunciado. En el caso del cuarzo no se produce reacción, el silicio ya está con estado de oxidación +4.



La estequiometría nos indica que:

Por cada 4 mol de  $\text{FeS}_2$ , 4 mol de S, necesitamos 15 mol de  $\text{O}_2$ . (S se oxida de -2 a +6)

Por cada 2 mol de Cu necesitamos 1 mol de  $\text{O}_2$ . (Cu se oxida de 0 a +2)

Por cada 4 mol de As necesitamos 5 mol de  $\text{O}_2$ . (As se oxida de 0 a +5)

Por cada mol de S necesitamos 1 mol de  $\text{O}_2$ . (S se oxida de 0 a +4)

Si tenemos 1 t =  $10^6$  g de pirita impura, mineral, tenemos:

8% de  $\text{SiO}_2$  que no reacciona.

0,5% de As, 5000 g de As, que suponen  $5000/74,9=66,76$  mol de As

1,5% de Cu, 15000 g de Cu, que suponen  $15000/63,5=236,2$  mol de Cu

86% de  $\text{FeS}_2$ , 860000 g de  $\text{FeS}_2$ , que suponen  $860000/(55,8+2\cdot 32,1)=7167$  mol de  $\text{FeS}_2$

4% de S, 40000 g de S, que suponen  $40000/32,1=1246$  mol de S

Usando la estequiometría necesitaremos:

$$66,76 \text{ mol As} \cdot \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol As}} + 236,2 \text{ mol Cu} \cdot \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol Cu}} + 7167 \text{ mol FeS}_2 \cdot \frac{15 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol FeS}_2} + 1246 \text{ mol S} \cdot \frac{1 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol S}} = 28324 \text{ mol O}_2$$

En condiciones normales esos moles de oxígeno ocupan un volumen de

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{28324 \cdot 0,082 \cdot 273}{1} = 6,34 \cdot 10^5 \text{ LO}_2$$

Asumiendo que el aire tiene un 20% en volumen de oxígeno, el volumen total es

$6,34 \cdot 10^5 / 0,2 = 3,17 \cdot 10^6$  L de aire

c) A diario se obtienen 100 t de  $\text{SO}_3$ , lo que como se ha calculado en apartado a suponen  $87,2$  t de mineral y  $1,25 \cdot 10^6$  mol  $\text{SO}_3$

Residuos son todos los productos distintos al deseado,  $\text{SO}_3$ , por lo que usando estequiometría tenemos

$$1,25 \cdot 10^6 \text{ mol SO}_3 \cdot \frac{2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{8 \text{ mol SO}_3} \cdot \frac{2 \cdot 55,8 + 3 \cdot 16 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} = 4,99 \cdot 10^7 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$

$$87,2 \cdot 10^6 \text{ g mineral} \cdot \frac{0,5 \text{ g As}}{100 \text{ g mineral}} \cdot \frac{4 \cdot 74,9 + 10 \cdot 16 \text{ g As}_2\text{O}_5}{4 \cdot 74,9 \text{ g As}} = 6,69 \cdot 10^5 \text{ g As}_2\text{O}_5$$

$$87,2 \cdot 10^6 \text{ g mineral} \cdot \frac{1,5 \text{ g Cu}}{100 \text{ g mineral}} \cdot \frac{2 \cdot 63,5 + 2 \cdot 16 \text{ g CuO}}{2 \cdot 63,5 \text{ g Cu}} = 1,64 \cdot 10^6 \text{ g CuO}$$

$$87,2 \cdot 10^6 \text{ g mineral} \cdot \frac{8 \text{ g SiO}_2}{100 \text{ g mineral}} = 6,98 \cdot 10^6 \text{ g SiO}_2$$

En total  $4,99 \cdot 10^7 + 6,69 \cdot 10^5 + 1,64 \cdot 10^6 + 6,98 \cdot 10^6 = 5,92 \cdot 10^7$  g residuos sólidos, que expresados en toneladas como indica el enunciado son 59,2 t de residuos.