



## **ZEMENTEREN LAN METODOA**

### 1. HARROBIA

Kareharria ( $\text{CaCO}_3$ ) harrobitetatik ateratzen da leherketa zuzenduen bidez.

### 2. BIRRINKETA

Harri handiak birrintzailera eramaten dira, hauen tamaina txikitzea helburua izanik.

### 3. BANDA GARRAIATZAILEA

Banda honek lehengaiak garraiatzen ditu birrintzailetatik fabrikaraino.

### 4. AURREHOMOGEINIZAZIOA

Lehengaien konposizio kimikoen homogeinizazioa emeten da, hurrengo etapa batean erreakzionarazteko.

### 5. GORDINAREN EHOKETA

Lehengaiak, errotetara era kontrolatua sarrarazten dira baskulen bidez. Era berean gordina deritzon harria, hauts fin batean bihurtzen da.

### 6. SILOAK

Zilindro konkritu batzuk dira non, lehengai den hauts fina gordetzen da erreketak momenturarte.

### 7. AURRE-KISKALKETA

Lehengai den irina siloetatik atera eta aurreberotzailearen goikaldera bideratzen da. Aurreberotzailea altuera handiko egitura bertikala da eta bertatik zirkulatzen duten gasak kontrakorrontean bideratzen dira. Gas hauek, minerala guztiz lehortzeaz gain, hauen temperatura  $850^\circ\text{C}$ -arte haunditzea helburu dute labera sartu aurretik.

## 8. KISKALKETA

Labea, 45-60 metro inguruko hodia da. Hemen, lehengaiak 1450°C-ra berotzen dira. Honi esker likidotu egiten dira eta erreakzionatu egiten du karea lortuz. (~1560 kg gordin  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \sim 1000$  kg Clinker)

Ikusten den bezala, zementoaren produkzioa ahalbideratzeko energia kantitate handiak beharrezkoak dira. Hots; temperatura garai horiek lortzeko kalkulatu da ~900.000 Kcal behar direla. Beraz hau, 100 kg ikatz askatzen duen energia termikoaren berdin dela suposatzen da.

Prozesu guzti honetan askaturiko gasek atmosferara isurtzen dira lehendabizi 120°C baino temperatura baxuagotara dauden eta filtro elektrostato batzuk dituzten tximinia batzuetatik zehar. Filtro hauen helburua hautsaren %99,9 harrapatzea izango litzateke.

## 9. HOZKETA

Ingurugiroan zementua (Clinker) hoztu egiten da.

## 10. CLINKER-AREN SILOA

Zementua biltegitatu egiten da.

## 11. ZEMENTUAREN EHOKETA

Clinkerra gehigarri mineralekin elikatzen da. Hala nola; igeltsua, kareharria...zeinek ezaugarri bereziak eskeiniko dizkien zementuari.

## 12. SALMENTARAKO PRESTAKUNTZA

Zementua errotatik ateratzen da salmentarako produktu gisa.

# ERREGAI ARRUNTAK ETA ALTERNATIBOAK

## ERREGAI ARRUNTAK

- Petroleoa: Petroleoaren eskasia nabarmena da baina hau beste gai eta beste eztabaida baten sartzeari litzateke.

- Ikatza: Zementeratan oso erabilia izan da bere ahalmen termikoa dela eta.

- Gas naturala: Oso partaidetza apala dauka.

## ERREGAI ALTERNATIBOAK

- Plastikoak: Adituek diote CO<sub>2</sub>-ren emisioak urriagoak direla erregai mota honekin baina hala ere dioxina eta furanoei beldur diete.

- Etxeko Zarama: Ahalmen kalorifiko urriagoa eta Cl-ren askapena nabarmena.

- Olio erabiliak: Erabilera nabarmena.

- Haragi irinen erabilpena:

Erabilia izan da zementeratan.

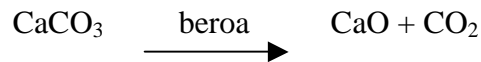
- kontaminazio biologikoa, metal astun eta Cl-ren presentzia, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>-ren, emisioak eta Cu eta Zn aurkitu izan da (behi eroen arazoa → metabolismoaren katalizatzailea eta dioxinen eraketarako katalizatzailea).

- Neumatikoak:

1. Bero lamena handia ~ ikatza
2. Sorturiko emisioak:
  - NO<sub>x</sub>-renak temperatura garaiak direla medio.
  - SO<sub>2</sub> eta SO<sub>3</sub>-ak → euri azidoaren eragileak.
  - CO eta CO<sub>2</sub>. (Beraz CaCO<sub>3</sub>-ren errektiotik askatzen den CO<sub>2</sub>-ri erregaien konbustioan askatutakoari gehitu behar zaio. ~ kalkulatu da askatutako CO<sub>2</sub>-ren %40 konbustiotik datorrena dela eta %60-a CaCO<sub>3</sub>-ren errektetik).
3. Metal astunak: Neumatikoak kautxozkoak dira eta erreketan askatzen den Pb, Cd, Ta, Be eta Zn-a kaltegarriak dira → minbizia eragiten dute.
4. Dioxina eta Furanoak: Ezin dira metabolizatu substantzia organiko hauek eta osasun eragin kaltegarriak eragiten dituzte, hala nola; ugaltza aparatuak, sistema immunologikoak, minbizia....
5. Partikula solidoak: Hauen kaltegarritasunaz hitz egingo dugu beste atal batean.

## Zer da Zementoa eta nola lortzen da? Zein da Negutegi efektuan duen eragina?

Kaltzio karbonatoaren ( $\text{CaCO}_3$ ) deskonposaketa termikoa da. Kaltzio karbonatoaren deskonposaketa erreakzioa ezaguna da:



Hain zuzen ere, kaltzitatik karea lortzen da zementeratan eta ekoizten den  $\text{CO}_2$ -a atmosferara botatzen da beste barik. Dakigunez atmosferan dagoen karbono dioxidoaren kontzentrazioa gora egiten ari da urtero. Askotan entzuten ohi dugu, arazo honen iturri nagusienak erregai fosilen erreketa eta basoen mozketa direla, baina batzutan zementerek bidalitako  $\text{CO}_2$ -ren kantitatea aipatu beharko da zenbat  $\text{CO}_2$  ekoizten den adierazteko.

Goiko erreakzioa sistema isolatu batean gertatuko balitz, erreakzio horretan getatzen den entropia aldaketa kalkula daiteke bigarren printzipioak esaten duena gogoratu: sistema isolatu batean gertatzen den erreakzio kimikoa berez gerta daiteke baldin entropia handitzen bada.

$$\Delta S^\circ_{\text{errak}} = S^\circ \text{CaO (s)} + S^\circ \text{CO}_2(\text{g}) - S^\circ \text{CaCO}_3(\text{s}) = 39,75 + 213,64 - 92,88 = 160,5 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Balioa ikusita logikotzat har dezakegu, izan ere egitura solido eta ordenatu batetik bi egitura ezberdin sortu dira eta hauetako bat gasa delarik. Hots; sistema asko desordenatzen da. Erreakzioa berez gerta daitekeela aurrez aurre digu termodinamikak. Baina zentzuz, guk badakigu harria berez deskonposatzea ezinezkoa dela, beroa aplikatzen ez badiogu behintzat.

Kaltzio karbonatoaren deskonposaketa naturan ez da sistema isolatu batean gauzatzen, sistema bera irekia baita. Naturan gertatzen diren prozesu gehienetan temperatura eta presioa konstantea mantentzen direla suposatu ahal dugu eta horrelako berezotasun irizpidea Gibbs-en energia aldaketak ematen digu ohiko eran: erreakzio kimiko batean gertatzen den Gibbs-en energia-aldaketa, baldintza estandarretan adibidez, negatiboa bada erreakzio hori berez gerta daiteke. Gure deskonposaketari aplikatuta:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{\text{errak}} &= \Delta G^\circ_f \text{CaO (s)} + \Delta G^\circ_f \text{CO}_2(\text{g}) - \Delta G^\circ_f \text{CaCO}_3(\text{s}) = \\ &= -604,04 + (-386,02) - (-1128,84) = 138,78 \text{ KJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

Gibbs-en energia aldaketa positibo honek zera esan nahi du: Baldintza estandarretan, hots; temperatura  $25^\circ\text{C}$  eta  $P= 1\text{atm}$  denean, kaltzio karbonatoaren deskonposizioa ez dela berez emango.

## Zergatik gertatzen da $\text{CaCO}_3$ -ren deskonposaketa zementeratan?

Dakigunez, erreakzio kimiko baten Gibbs-en energia aldaketa negatiboa izan behar du berez gertatzeko. Gibbs-en energia aldaketa hau entalpia eta entropiaren arteko konpoketa bat da tenperaturak ere eragina duelarik, ondoko adierazpenak gogoratzen digunez.

$$\Delta G^\circ_{\text{erreakzioa}} = \Delta H^\circ_{\text{erreakzioa}} - T \Delta S^\circ_{\text{erreakzioa}}$$

$$\text{Eta berez gertatzeko } \Delta G^\circ_{\text{erreakzioa}} < 0 \text{ eta } \Delta H^\circ_{\text{erreakzioa}} - T \Delta S^\circ_{\text{erreakzioa}} < 0$$

Desberdintasun honi zeinua aldatuz eta temperatura banatuz:

$$T \Delta S^\circ_{\text{erreakzioa}} - \Delta H^\circ_{\text{erreakzioa}} > 0 ;$$

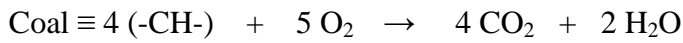
$$\text{Temperatura } T > \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{178,3 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{160,6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 1110 \text{ K} \approx 800^\circ \text{ C}$$

Hau da, kaltzio karbonatoa zortzirehun gradu zentigradotik gora berotuko bagenu, zementeretan egiten dena, bere deskonposaketa berez gerta daiteke.

Bero hori lortzeko, zementeratan erregai arruntak edo alternatiboak erabiltzen dira, orain aipatuko ditugunak, besteak beste. Kontutan hartu beharra dago konbustio erreketan horretan ere  $\text{CO}_2$  gasa askatzen dela. Beraz  $\text{CO}_2$ -a bi iturri ezberdinetatik askatzen da atmosferara:  $\text{CaCO}_3$ -ren deskonposaketa erreakziotik eta erreakzio hau ahalbidetzeko ematen den konbustiotik ere.



Bestalde;



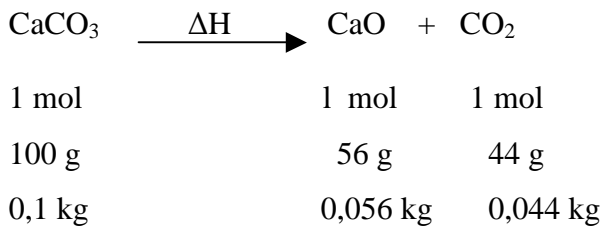
Ikatza

$$1 \text{ g coal} \dots\dots\dots 39,3 \text{ KJ} \quad (1 \text{ KJ} \dots\dots\dots 10^3 \text{ J})$$

$$100 \text{ kg} = 10^5 \text{ g} \dots\dots\dots X \quad (1 \text{ Kcal} \dots\dots\dots 4,18 \text{ KJ})$$

$X = 39,3 \cdot 10^5 \text{ KJ} = 3,9 \cdot 10^6 \text{ KJ} = 9,3 \cdot 10^5 \text{ Kcal} = 930.000 \text{ Kcal}$  behar dira 100 kg ikatz erretzeko.

Kaltzio karbonatoaren ( $\text{CaCO}_3$ -ren) disoziazioaren entalpia-aldaketa ezaguturik:



1 mol edo 100 g  $\text{CaCO}_3$  deskonposatzeko 178,3 KJ beharrezkoak dira. Eta arestian kalkulatu dugu, 1000 kg zementu lortzeko 1785,7 kg  $\text{CaCO}_3$  behar genituela.

Beraz;

$$100 \text{ g CaCO}_3 \text{ deskonposatzeko} \dots\dots\dots 178,3 \text{ KJ}$$

$$1785,7 \text{ kg CaCO}_3 \text{ deskonposatzeko} \dots\dots\dots X$$

$X = 3,18 \cdot 10^3 \text{ KJ}$  edo 762.000 Kcal. Hots; esandakoarekin bat dator. ( $\approx 900.000 \text{ Kcal}$ )

Orduan;

$$1000 \text{ kg zementu produzitzeko} \dots\dots\dots 900.000 \text{ Kcal}$$

$$1.400 \cdot 10^6 \text{ Tn/urte produzitzeko} \dots\dots\dots X$$

$$X = 12,6 \cdot 10^{14} \text{ Kcal/urte} = 5,3 \cdot 10^{15} \text{ KJ/urte behar dira.}$$

Guk badakigu, 1000 KJ energia ikatzarekin 2 mol CO<sub>2</sub> askatzen direla. Beraz kalkulatu dugu, zenbat mol CO<sub>2</sub> isurtzen diren goian produzitutako energia guzti horrekin:

1000 KJ energia ikatz.....2 mol CO<sub>2</sub> askatu.

5,3.10<sup>15</sup> KJ..... X

$$X = 10,6 \cdot 10^{12} \text{ mol CO}_2 = 1,66 \cdot 10^{14} \text{ g CO}_2 = 4,66 \cdot 10^8 \text{ Tn CO}_2 = 466 \cdot 10^6 \text{ Tn CO}_2$$

Beraz, 616.10<sup>6</sup> Tn CO<sub>2</sub> askatzen dira CaCO<sub>3</sub>-ren deskonposaketan eta hau gauzatzeko ikatza erre behar dugu zeinak 466.10<sup>6</sup> Tn CO<sub>2</sub> askatzen dira. Guztira 1,082.10<sup>9</sup> Tn CO<sub>2</sub> askatzen dira zementerek urteko produkzioan. Hots; gutxi-gorabehera askatzen den CO<sub>2</sub> guztiaren %60-a CaCO<sub>3</sub>-ren deskonposaketan eta %40 konbustio erreketan.



## Zenbat CO<sub>2</sub> dago atmosferan?

Atmosferan dugun CO<sub>2</sub>-a ondoren azalduko dugun bezala kalkulatu daiteke:

Airearen masa 1kg-takoa da azaleraren 1 cm<sup>2</sup>-rekiko. Lurraren erradioa badakigu

R = 6400 km dela, ondorioz lurra esfera perfektua dela suposatuz, bere azalera kalkulatu dezakegu.  $S = 4\pi R^2$ .

Beraz,  $S = 4\pi(6400 \cdot 10^3 \cdot 10^2)^2 \text{ cm}^2 \rightarrow S = 514 \cdot 10^{16} \text{ cm}^2$

1 cm<sup>2</sup> azalera.....1 kg aire

514.10<sup>16</sup> cm<sup>2</sup>..... X

$X = 514 \cdot 10^{16} \text{ kg}$  aire dugu atmosferan.

Gaur egun, atmosferako CO<sub>2</sub>-ren kontzentrazioa 400 ppm-koa dela esan genezake.

Orduan;

10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>.....400 kg CO<sub>2</sub>

514.10<sup>16</sup> cm<sup>2</sup>..... X

$X = 2,05 \cdot 10^{15} \text{ kg}$  CO<sub>2</sub> atmosferan.

Zementeren bidez, atmosferan urtean  $1,082 \cdot 10^9$  Tn  $\text{CO}_2$  isuritzen denez, hots;  
 $1,082 \cdot 10^{12}$  kg.

$2,05 \cdot 10^{15}$  kg  $\text{CO}_2$  atmosferan.....% 100

$1,082 \cdot 10^{12}$  kg..... X

$$X = \% 0,05$$

Ondorioz, esan daiteke, urtero zementeren ondorioz, atmosferako  $\text{CO}_2$  kantitatea gaur egun dagoenaren %0,05 gehiago hareagotzen ari dela.