



4: BALANTZE TERMIKOAK ERREKUNTZA-PROZESUETAN

JARDUERA PRAKTIKOAK (ENUNTZIATUAK)

Maite de Blas Martín
Blanca M^a Caballero Iglesias

Bilboko Ingeniaritza Eskola
Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumenaren Ingeniaritza

BALANTZE TERMIKOAK ERREKUNTZA-PROZESUETAN

JARDUERA PRAKTIKOEN ENUNTZIATUAK

I) Balantze termikoen zenbakizko buruketak:

4.1 eta 4.2 buruketak

II) Balantze termikoen zenbakizko buruketak:

4.3.1 eta 4.3.2 buruketak



Lizentzia publikoan
Pixabay webgunean
argitaraturiko irudia [\[1\]](#)

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.1. BURUKETA. *Findegi baten labea berotzeko hurrengo konposizioa duen fuel-olioa erabili zen (% pisuan): % 0,5 H₂O, % 87 C, % 10 H, % 1,5 S, % 1 sedimentuak.*

a) *Kalkulatu, baldintza normaletan, teorikoki beharrezkoa den aire lehorra erregaiaren 1 kg-ren errekontza osoa egiteko. Kalkulatu, baita ere, sortutako errekontza-gas lehorren bolumena.*

b) *Esandako fuel-olioaren errekontza industrialaren ondorioz sortutako errekontza-gasak analizatzeko oxigeno-sentsore bat jarri zen findegiko labearen irteeran. Sentsoreak O₂ konposatuaren edukia keetan % 4,4 bolumenean zela adierazi zuen. Aurkitu instalazioak lan egiten duen gehiegizko airea (errekontza osoa dela suposatuz), errekontzan erabilitako airearen bolumenena eta sortutako errekontza-gasen bolumena. Erreferentzia moduan 1 kg fuel-olio hartu.*

c) *Kalkulatu 1 kg fuel-olioaren errekontzarako beharrezkoa den giro-
airea, b) atalean zehazturiko baldintzatan, giro-baldintzak hauek direla
kontuan hartuz: $P = 750 \text{ mmHg}$, $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, airearen hezetasun erlatiboa =
%50. Datua: $P_{v, \text{H}_2\text{O}}(25^\circ\text{C}) = 23,78 \text{ mmHg}$.*

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.1. BURUKETA (jarraipena)

d) Kalkulatu errekontzan sortutako errekontza-gasen bolumena, erregaia lainoztatzekeo 0,4 kg ur-lurrin/kg fuel-olio injektatzen badira.

- Kalkulatu errekontza-gasen konposizioa
- Adierazi zein izango litzatekeen Orsat tresnak emandako errekontza-gasen analisiaren emaitza.

e) Aurkitu fuel-olioaren goiko berotze-ahalmena (GBA), haren dentsitate erlatiboa 25 °C-an $d_r = 0,965$, eta haren beheko berotze-ahalmena: $BBA = 12925 - 3200 d_r - 70$ (%S) badira. Datua: ur-lurrinaren kondentsazio-beroa: 598,3 kcal/kg ur-lurrin.

f) Kalkulatu garraren tenperatura errealaz aztertutako fuel-olioaren errekontza prozesuren etekin pirometrikoa % 70 bada.

Datuak. Errekontza-gasen bero espezifikoa garraren tenperatura adiabatikoan: $C_m = 0,390$ kcal/m³N °C, aldeaz aurretik 100 °C-an berotutako erregaiaren bero espezifikoa: $C_f = 0,440$ kcal/kg °C, errekontza-airearen bero espezifikoa: $C_a = 0,310$ kcal/m³N °C, lainoztatze ur-lurrin asearen entalpia ($P = 60$ kg/m²): $H_v = 660$ kcal/kg

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.1. BURUKETA (jarraipena) Kontuan hartu giro-tenperaturan dagoen errekontza-airearen bero-ekarpena.

g) Kalkulatu errekontzaren etekina eta etekin termikoa, errekontza-gasak tximiniatik $425\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an kanporatzen badira eta bestelako galerak erretzen den fuel-olioaren beheko berotze-ahalmenaren % 3a badira. Erreferentzia moduan 100 kg erregai erabili.

h) Prozesuaren balantze termikoa egin eta Sankey diagrama baten bidez adierazi. Erreferentzia moduan 100 kg erregai erabili.

Datuak: Errekontza-gasen batezbesteko bero espezifikoa: $C_h=0,345\text{ kcal/m}^3\text{N}^{\circ}\text{C}$, fuel-olioaren bero espezifikoa: $C_f=0,440\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, errekontza-airearen bero espezifikoa: $C_a=0,310\text{ kcal/m}^3\text{N }^{\circ}\text{C}$. Suposatu fuel-olioa $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an alde zurretik berotzen dela eta errekontza-airea giro-tenperaturan sartzen dela.

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.2. BURUKETA. Ondoko konposizioa duen gas erregaiaren errekontza kontuan hartuz (% bolumenean): % 45 CO, % 50 H₂, % 5 CO₂:

a) Kalkulatu, errekontza teorikoa suposatuz, baldintza normaletan erabilitako aire teorikoaren bolumena, sortutako errekontza-gasen bolumena eta baita lortutako CO₂ eta H₂O konposatuen bolumena baldintza berdinetan adierazita.

b) Aipatutako gasa labe batean erretzen da. Errekontza-gas lehorren analisiaren bidez ondoko konposizio bolumetrikoa lortu zen: %15 CO₂, % 7 O₂ (errekontza osoa). Kalkulatu instalazioak lan egiten duen gehiegizko airea, erabilitako errekontza-aria eta sortutako errekontza-gasen bolumena. Erreferentzia moduan 1 m³N gas erabili.

c) Kalkulatu aurreko errekontzan erabiltzen den giro-aria. Giro-baldintzak ondokoak dira: T = 25 °C, P = 755 mmHg, hezetasun erlatiboa = % 80,. Kalkulatu, baita ere, sortutako errekontza-gasen bolumena.

Datua: P_{v, H₂O}, 25°C = 23,78 mmHg

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.2. BURUKETA (jarraipena)

d) Zeintzuk dira erregaiaren goiko eta beheko berotze-ahalmenak CO eta H₂ konposatuen goiko berotze-ahalmenak 3.030 eta 3.060 kcal/m³N badira hurrenez hurren? Ur-lurrunaren kondentsazio-beroa 598,3 kcal/kg da.

e) Zein da gasaren errekontzan garrak lortutako tenperatura teorikoa? Errekuntza-gasen batezbesteko bero espezifikoa $C_m = 0,40$ kcal/m³N °C da.

f) Erregai gaseosoa adierazitako baldintzatan labe batean erretzen da. Errekuntza-gasak 1000 °C-an irteten dira labetik eta bertan gertatzen diren bero-galerak erregaiak egindako bero-ekarpenaren % 5a dira. Zein da errekontzaren etekina? Eta prozesuaren etekin termikoa? Errekuntza-gasen batezbesteko bero espezifikoa 0,38 kcal/m³N °C da.

g) Kalkulatu, kilogramotan adierazita, zenbat ur-lurrun ase 10 kg/cm² balioko presioan ($H_v = 664$ kcal/kg) ekoizten diren erretzen diren 100 m³N bakoitzeko. Horretarako, labearen ostean, errekontza-gasen beroa aprobetxatzeko, berreskurapen-galdara bat jartzen da. Errekuntza-gasak galdaratik horien ihintz-puntua baino 150 °C altuagoa den tenperaturan ateratzen dira.

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.2. BURUKETA (jarraipena)

Galdararen etekina % 95 da, hau da, errekontza-gasek emandako beroaren % 95a ur-lurruna ekoizteko aprobetxatzen da. Zein da prozesuaren etekin termiko berria?

Datua: errekontza-gasen batezbesteko bero espezifikoa $0,38 \text{ kcal/m}^3\text{N } ^\circ\text{C}$ da.

***h)** Prozesuaren balantze termikoa egin eta Sankey diagramaren bidez adierazi ($1 \text{ m}^3\text{N}$ erregai gaseoso eta aurreko ataleko egoera kontuan hartu).*

**Oharra: giro-tenperaturan dauden sarrera-fluxuen bero-ekarpena mesprezatu.*

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.3.1. BURUKETA (Errekuntza) Altzairuaren galdaketarako labe batean ondoko konposizioa duen gas naturala erretzen da (% bolumenean): % 87,2 CH_4 , % 5,9 C_2H_6 , % 3,0 C_3H_8 , % 2,7 N_2 , % 1,2 CO_2 .

a) Kalkulatu, baldintza normaletan, gas naturalaren 1 m^3N erretzen denean (errekuntza teorikoa), beharrezkoa den errekuntza-airearen bolumena eta sortutako errekuntza-gas lehorren bolumena.

b) Kalkulatu, baldintza normaletan, errekuntza egiteko erabiltzen den gehiegizko airea eta sortutako errekuntza-gasen bolumena, gas naturalaren 1 m^3N erretzen denean eta Orsat tresnak egindako errekuntza-gas lehorren analisiak ondokoa adierazten badu (% bolumenean): $\text{CO}_2 = \% 7,3$, $\text{CO} = \% 0,5$ eta $\text{O}_2 = \% 7,2$

c) Aurkitu errekuntzan erabilitako giro-airea. Giro-baldintzak hauek dira: 25 °C, 745 mmHg eta hezetasun erlatiboa % 70, ($P_{v, \text{H}_2\text{O}}, 25^\circ\text{C} = 23,78 \text{ mmHg}$)

d) Kalkulatu aurreko ataleko errekuntzan sortutako errekuntza-gasen bolumena. Kalkulatu, baita ere, errekuntza-gasen konposizioa.

e) Aurkitu errekuntza-gasen ihintz puntua.

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.3.1. BURUKETA (jarraipena)

f) Kalkulatu gas naturalaren goiko eta beheko berotze-ahalmenak

g) Aurkitu garraren tenperatura adiabatikoa, errekontza-gasen bero espezifikoa hurrengo adierazpenaren arabera aldatzen bada tenperaturarekin: $C_h = 0,32 + 3,1 \cdot 10^{-5}T$ kcal/m³N·°C, non tenperatura (T) °C-an adierazita dagoen

Datuak: ur-lurrunaren kondentsazio-beroa = 598,3 kcal/kg ur-lurrun;
 $GBA_{CH_4} = 9530$ kcal/m³N; $GBA_{C_2H_6} = 16700$ kcal/m³N; $GBA_{C_3H_8} = 23770$ kcal/m³N.

4.3.2. BURUKETA (Balantze termikoa). Aurreko gas naturala instalazio industrial batean erretzen da, erretzen den 1 m³N gas natural bakoitzeko 11 kg altzairu 1200 °C-an galdatzeko. Garraren tenperatura handiagotzeko errekontzarako airea aldeztu aurretik 250 °C-an berotzen da, labetik irteten diren errekontza-gasen beroa trukaturaz bero-trukagailu baten bitartez (berogalerak, erregaiaren beheko berotze-ahalmenaren % 2a dira).

BALANTZE TERMIKOEN BURUKETAK

4.3.2. BURUKETA (jarraipena). Altzairuaren batezbesteko bero espezifikoa $0,175 \text{ kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ da eta erradiazioaren bidezko bero-galerak erretzen den gas naturalaren beheko berotze-ahalmenaren %8a dira. Giro-tenperaturan dauden sarrera-fluxuen bero-ekarpena mesprezatu daitezke:

- a) Kalkulatu errekontza-gasen temperatura galdaketa-labearen irteeran, errekontzaren etekina eta instalazioaren etekin termikoa.
- b) Kalkulatu zenbat ur-lurrun ekoizten den, errekontza-gasen hondar-beroa galdara batean aprobetxatzen bada, ur-lurrun ase ($P = 10 \text{ kg/cm}^2$; $H_v = 664 \text{ kcal/kg}$) ekoizteko. Errekontza-gasak ihintz-puntua baino 200°C altuagoa den tenperaturan irteten dira. Galdararen etekina % 85a da, bertan trukutzen den beroarekin alderatuz.
- c) Kalkulatu, b) atalerako instalazioaren etekin termiko. Balantze termikoa egin eta Sankey diagramaren bidez adierazi.

Datuak: Taulak: gasen bero espezifikoak eta uraren propietate termodinamikoak. Giro-tenperaturan dauden sarrera-fluxuen bero-ekarpena mesprezatu. Errekontza-gasen bero espezifikoa tenperaturaren (T , $^{\circ}\text{C}$ -an adierazita) menpe: $C_m = 0,32 + 3,1 \cdot 10^{-5}T \text{ kcal/m}^3\text{N}\cdot^{\circ}\text{C}$.