

PRIMER CONGRES INTERNACIONAL DE LA FONERIA

BARCELONA, ABRIL 1928

DELS dies 11 a 14 d'abril darrer es celebraren als Palaus de Montjuic les reunions d'aquesta interessant manifestació industrial, a la que concorregueren autoritzades representacions dels fonadors de tots els països.

Més que donar compte de les reunions del Congrés—cosa fora de lloc per tal com oportunament la nostra premsa se n'ocupà extensament—, volem portar a aquestes planes el conjunt dels treballs que hi foren presentats, alguns dels quals tenen una veritable importància, per tal com estudiem d'aprop els factors que cal tenir en compte perquè la indústria de la foneria pugui desenrotllar-se amb la mateixa ufana que abans de la guerra. I aquesta importància creix, evidentment, per als fonadors de casa nostra. És un fet tristíssim que la foneria a Catalunya no està, en la majoria dels casos, en condicions per omplir dignament el seu rol d'indústria bàsica de la Metallúrgia. Són comptadíssims els tallers als quals hom pugui encarregar amb confiança peces d'altres característiques: compacitat i uniformitat de textura, resistència i duresa determinades, composició química apropiada per resistir l'acció de determinats agents químics i atmosfèrics... Tot això vol dir que quan hom s'aparta del que vulgarment podem anomenar una *foneria corrent*—i, àdhuc, de vegades en aquests casos quan les peces a fondre per llur tamany o forma presenten alguna complicació—, els obstacles que sorgeixen bé poden qualificar-se d'insuperables i solament són solucionats per una ampla tolerància en l'acceptació del material—i aquest és el cas més corrent—o bé encarregant aquest a empreses estrangeres.

Aquest panorama no és, certament, l'únic. Entre les foneries catalanes podríem esmentar-ne algunes que s'han preocupat de la qüestió dels ferrocobats corrents i especials i han sabut conquerir un alt grau de confiança. La substitució de la rutina per procediments científics, del receptari secret pel formulari resultant dels treballs de laboratori, han estat els camins seguits i el resultat que se n'ha assolit és un exemple que bé es mereix d'és-

ser meditat per aquells industrials que encara no han sabut desarrelar l'empirisme de llur taller.

En aquest ambient, la celebració del Congrés de la Foneria a Barcelona i Exposició annexa—en la qual tinguérem oportunitat de veure veritables performances que si fossin continuades situarien la nostra foneria en un lloc envejable—creiem que pot iniciar una reacció saludable. No és que del Congrés mateix puguin els nostres fonadors derivar-ne ensenyaments; d'aquest punt de vista és molt més útil una bona revista especialitzada o un curs a càrrec d'un professor competent; però, en canvi, aquestes manifestacions poden provocar una lloable competició, filla del desig de superació, del qual no manca la nostra gent.

En extractar les memòries presentades, pretenim oferir als tècnics catalans que no tingueren oportunitat de seguir les deliberacions del Congrés, una visió del seu conjunt, la qual els permetrà de fer-se càrrec, en les seves grans línies, de l'estat actual de les diverses qüestions que afecten la foneria: la tasca del taller, pròpiament dita, i els nous mètodes d'anàlisi i assaig que li han fressat els camins actuals.

L'ENERGIA CALORÍFICA EN EL CUBILOT ACTUAL

JOAQUIM FERRER FIGUERAS

EL concepte més senzill d'un cubilot és aquell que diu "té per objecte passar el ferro brut de l'estat sòlid a l'estat líquid i fer-lo apte per a la colada".

Aquesta definició comprèn dues parts fonamentals: la que estudia el pas del ferro brut de sòlid a líquid, i la que procura que sigui útil per a la foneria.

El primer s'aconsegueix comunicant al ferro la quantitat de calor necessària per arribar a la seva temperatura de fusió.

El segon donant-li les característiques químiques i mecàniques que la tècnica requereix, a la vegada que un sobreescalfament per tal que guardi la fluïdesa necessària durant la colada.

En el primer estadi, o sigui a la relació entre el calor i el procés de fusió pràcticament útil, s'admet que el calor no és altra cosa que la manifestació d'un moviment vibratori de les molècules dels cossos.

Cada sòlid necessita una certa quantitat de calor (calor de fusió) per

unitat de massa, per passar a l'estat líquid, i aquesta valor, que és una funció de la temperatura en què té lloc el canvi d'estat, ve expressada per l'equació:

$$\rho = \psi(t)$$

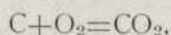
Aquest canvi físic es verifica, també, a una temperatura determinada i única per a cada cos (temperatura de fusió); hi han, però, substàncies per a les quals no és fàcil fixar la temperatura de fusió, degut a què en passar de l'estat sòlid al líquid, travessen una sèrie d'estats en què van perdent paulatinament les propietats característiques dels sòlids i adquireixen les dels líquids.

A aquesta fusió se l'anomena *fusió pastosa*, i entre els cossos que hi passen es troba la foneria gris.

L'agent combustible emprat normalment és el coc, el qual té com a concurrents segons els països i altres circumstàncies especials el carbó vegetal, els combustibles líquids i el carbó a l'estat polvoritzat, als quals cal afegir, encara, l'energia elèctrica. D'ací que en aquesta Memòria hom tracti solament de la combustió verificada mitjançant el coc, la qual cosa no vol dir que calgui negligir les interessants experiències fetes amb els altres mitjans de combustió.

El carboni contingut en el coc, tendeix, quan crema, a la seva màxima oxidació, és a dir a formar anhídrid carbònic; però tenint en compte que a temperatures elevades aquest cos es transforma fàcilment en òxid de carboni i que les condicions en què es verifica la combustió en el cubilot, no són sempre les precises per afavorir aquesta màxima oxidació, difícilment s'aconsegueix obtenir CO_2 sense CO .

Però, suposem que es verifica la combustió completa segons la reacció



que comburent i combustible estan en les condicions precises perquè així sigui i que el calor després per aquesta reacció és totalment absorbit per la foneria a liquidar. És a dir, anem a operar teòricament, per a veure quina quantitat de calor requereix una tona de foneria gris per passar a l'estat líquid, per tal de comparar-la després, amb la que en la pràctica s'aconsegueix.

La quantitat de calor que necessita un sòlid per passar a líquid, ve donada per la fórmula

$$(1) \quad Q = pc(t' - t)$$

en la que

Q = quantitat de calor cercada, en graus-calories

p = pes del cos a fondre

c =calor específic d'aquest cos

t' =temperatura de fusió

t =temperatura inicial.

Tenint en compte que la nostra foneria fon a 1.200°, que el seu calor específic és 0.233 i considerant la temperatura inicial de 15°, el calor que absorbeix una tona de foneria per canviar d'estat, serà

$$(2) \quad Q = 1000 \times 0.233 (1200 - 15) = 276105 \text{ calories}$$

L'autor exposa les seves investigacions per tal de determinar la quantitat de calories requerides pràcticament. Heus ací les dades experimentals:

(3)

Anàlisi del ferro-colat:

C total	...	...	...	...	3,60	%
C combinat	...	...	...	...	0,90	%
Si	.	...	...	...	2,15	%
Mn	.	...	...	...	0,80	%
P	...	...	...	...	0,15	%
S	...	...	...	...	0.040	%

Gasos del cubilot per tona de foneria

CO	.	...	...	...	186	Kgs.
CO ₂	...	...	...	...	75	"
O	.	...	...	...	8,5	"
N	.	...	...	...	890	"
H	...	...	...	...	0,65	"

Característiques del coc

Cendres	...	...	...	...	9	%
Carboni fix	...	...	...	...	82	%
Calories.	...	...	...	...	7050	%

Temperatura de fusió del ferro-colat: 1.200°.

Temperatura dels gasos en el tragant: 350°.

Escòries produïdes per tona: 95 kgs.

Calissa emprada per tona: 30 kgs.

Diàmetre del cubilot en les toberes: 1,200 mm.

Secció del cubilot en les toberes: 1'130 mq.

La valor d'aquesta quantitat de calor, vindrà donada per la fórmula

$$(4) \quad Q=q+X$$

en la qual

q =calor emprat per fondre una tona de ferro-colat en el cubilot.

X =calor perdut durant el procés de fusió.

Al seu torn X pot representar-se per la igualtat:

$$(5) \quad X=A \times B \times C + D \times E \times F$$

en la que

A =calor emprat en sobreescalfar una tona de ferro-colat.

B =calor arrossegat pel Nitrogen de l'aire, emprat en la fusió d'una tona.

C =calor arrossegat per les escòries produïdes per tona de ferro-colat.

D =calor arrossegat pels gasos de combustió produïts per tona de foneria.

E =calor perdut per radiació i per tona.

F =calor absorbit per la descomposició de la calissa emprada per tonelada de foneria.

L'autor estudia separadament cada un dels factors esmentats:

A.—Calor emprat en sobreescalfar una tona de foneria

La temperatura de fusió del ferro-colat considerat es de 1200° (3); però per fer-lo apte per a la colada cal sobreescalfar-lo, car, del contrari es refredaria excessivament durant el temps emprat en verificar la colada.

Aquest sobreescalfament pot ésser fixat en 200° , per bé que no sigui possible assenyalar-lo exactament perquè depèn d'operacions difícils de mesurar pel fet d'estar subjectes a variants molt indeterminades. Cal portar, doncs, la foneria a 1400° i per a això el cubilot ha d'arribar, en el seu interior, als 1600° .

Així, doncs, la valor d' A segons (1) serà:

$$A=1000 \times 0,233(1600-1200)=93,200 \text{ calories}$$

B.—Calor arrossegat pel Nitrogen de l'aire

El prof. Georg. BURCK, basant-se en la consideració de tots els factors que influeixen aquesta valor, determina la quantitat de $m.^3$ d'aire per minut per la fórmula

$$(6) \quad W_0=120K$$

K és igual a la secció en mq. del cubilot.

Un m.³ d'aire pesa 1,292 kgs.; d'ací que el pes requerit serà

$$(7) \quad P_0 = 1,292 \times 120K = 155K,$$

el qual pes d'aire contindrà c kg. de Nitrogen, segons l'equació:

$$(8) \quad C = 0,765 P_0$$

Coneguda ja la quantitat de nitrogen injectada per minut; sabent que a pressió constant el calor específic d'aquest gas es 0,243 i tenint en compte que els gasos surten (3) pel tragant a 350° i entren en el cubilot a 15°, podrem calcular el nombre B de calories perdudes. Segons (1)

$$B = 0,243C(350 - 15) = 81,4C$$

Substituint C per la seva valor (8) tindrem, segons (7) $B = 9652K$ i la pèrdua per tona de foneria serà

$$B = 9652K \times \frac{60}{P} = 57912,0 \frac{K}{P}$$

En el nostre exemple $K = 1,130$ i P (producció de tones per hora) = 7 (3) resultarà

$$B = 93491$$

C.—Calor perdut en les escòries

L'escòria amb els gasos de desprendiment produïts en el cubilot, pot considerar-se com el resultat final de totes les reaccions químiques que es realitzen durant la fusió.

El seu calor de formació és molt variable, encara que en repetides experiències en un cubilot de marxa normal s'han trobat 500 calories per kilo d'escòria. Atès que l'escòria produïda per nosaltres és un 9.5 per 100 del ferro fos (3) tindrem:

$$C = 95 \times 500 = 47500$$

D.—Pèrdua de calor en el tragant

El gas que s'escapa per la part alta del cubilot està format, principalment, per Nitrogen (un 70 per cent), i els altres components provenen de

les reaccions químiques produïdes durant la fusió. El seu calor de formació queda unit al calor de formació de les escòries i al que ha estat emprat en la descomposició de la calissa, per la qual cosa, ací solament hem de tenir en compte el que s'escapa amb ells.

Els determinarem aplicant la fórmula (1), de la qual tindrem

$$D=(pc+p'c'+p''c''+p'''c''') T$$

en la qual p , p' , p'' , p''' , són els pesos del CO_2 , CO , O i H despresos; c , c' , c'' , c''' , els calors específics i T la temperatura de desprendiment. Segons (3) serà:

$$D=186 \times 0,2169 + 75 \times 0,2425 + 8,5 \times 0,2175 + 0,65 \times 3,419) 325 = 20,341$$

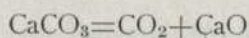
E.—Pèrdua per radiació

L'autor prescindeix del càlcul—per altra banda fàcil—i accepta la valor experimental del 9 per cent del calor total:

$$E=44200$$

F.—Calor emprat en la descomposició de la calissa

El carbonat càlcic, afegit com a fundent en les càrregues del cubilot en quantitat d'un 3 per 100 (3) del ferro fos, es dissocia per efecte del calor:



absorbint 425 calories per quilo de carbonat dissociat, per tant

$$F=30 \times 425 = 12750 \text{ calories}$$

G.—Calor emprat en la fusió.

Quan les càrregues descendeixen en el cubilot des de la boca de càrrega fins a la zona de fusió, ja són quelcom escalfades pels gasos calents de la combustió, la qual cosa equival a una elemental recuperació de calor digna d'ésser tinguda en compte.

La seva valor és molt variable; d'ací que la xifra 450° donada és sols aproximada. Així, segons (1):

$$q=1000 \times 0,233(1200-450)=174750.$$

Segons les fórmules (4) i (5) tindrem:

$$Q'=174750+X$$

i

$$X=93200+93491+47500+20341+17475+12750=284757$$

o sigui

$$Q=459.657 \text{ calories.}$$

Aquesta valor condueix a fixar en 70 kg. per tona de ferro-colat la quantitat de coc requerida.

Tenint en compte que, teòricament, es necessiten 276.105 calories, resulta una pèrdua de 183.562 calories per tona de ferro-colat, és a dir, el 40 per 100 del calor emprat.

Aquesta enorme pèrdua de calories ens suggereix la idea d'esmentar els mitjans conduents a disminuir-la, per reducció, en lo possible de les valors de *A, B, C, D, E, F i G*.

Una disminució pot cercar-se en el calor que compensa el refredament: per a això cal fer més ràpides les operacions, disminuir de distància entre el cubilot i els motllos i evitar en les culleres les pèrdues per radiació.

En quant a l'aire injectat, l'únic element actiu és l'oxigen; el nitrogen, en canvi, gas completament inert, únicament actua per la quantitat important de calor absorbida que hem tingut ocasió d'assenyalar. El remei fóra separar el nitrogen de l'aire per tal que arribés solament oxigen a la zona de combustió; i aquest, és el camí que diverses eminències científiques s'esforcen de fressar.

Ací solament direm que els principals invents han tingut per base el paramagnetisme de l'oxigen i la inactivitat del nitrogen; la major solubilitat de l'oxigen en l'aigua; l'oxidació del BaO per transformar-lo en BaO₂ i provocar després la reacció inversa, i darrerament (i aquest és el principal) la liquidació de l'aire i subsegüent evaporació del nitrogen. Totes aquestes vies no han assolit però de furnir l'oxigen a un preu apte per a la Metal·lúrgia.

Per reduir la quantitat d'escòries cal tenir en compte:

Que el coc emprat tingui la menor quantitat de cendres.

Que tant aquestes cendres com el ferro-vell, llengot, etc., continguin la menor proporció possible de sofre, per tal de reduir al mínim la dosi de calissa.

Que aquesta pedra calissa, que no pot ésser emprada amb excés, sigui molt pura per tal que doni solament CO₂ i CaO.

Que el fenomen de la fusió sigui ràpid per assolir la menor oxidació del sílici i manganès i el menor atac del revestiment del forn (generalment àcid) per la calç.

Procurar que les primeres matèries que es tiren al cubilot siguin el més pures possible i exemptes de tota oxidació.

La pèrdua pel tragant vindrà disminuïda si procurem:

1.—Una combustió completa.

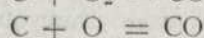
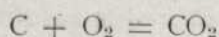
2.—Que els gasos de desprendiment estiguin el major temps possible en contacte amb les càrregues.

3.—Recuperant encara el calor que aquests gasos arrosseguen amb ells.

Analitzem aquests punts separadament, car són d'una importància capital.

Primer: Cal saber que, la potència calorífica del C que forma CO_2 és 8080 calories; que la del C que forma CO és 2430 calories, i la del CO per formar CO_2 és 2421 calories, per comprendre la necessitat d'una combustió completa.

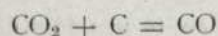
Però assolir-la no és cosa tan senzilla com pugui semblar, car cal tenir en compte que el coc, en cremar, forma:



depenent la formació de l'un o de l'altre d'aquests gasos, de la temperatura inicial i de la quantitat d'aire amb relació al coc; quant més baixa sigui la temperatura i major la quantitat d'aire, es formarà més CO_2 , i, contràriament, a elevades temperatures i amb poc aire pot arribar-se a produir solament CO.

Així, doncs, si bé podem injectar en el cubilot la quantitat d'aire que creuem necessària per assegurar la màxima formació de CO_2 , no evitarem que a causa de la temperatura alta es produeixi CO.

Al CO produït en la combustió, cal afegir el que es forma en el cubilot per reducció de CO_2 en presència del coc segons la reacció:



Si aquest òxid de carboni s'escapa per la part alta del cubilot, es perd un nombre de calories inútilment. Per això, és avantatjós transformar-lo en CO_2 , essent el procediment més lògic fer arribar a aquesta zona aire suficient perquè cremi tot el CO.

Aquest fou el motiu en què es basaren alguns fonadors per dotar el cubilot de major quantitat de toberes, colocades en dos o més plans i, encara, són molts els que en l'actualitat funcionen amb dos rengles de toberes, per creure, equivocadament, que beneficien el procés de fusió.

Aquest benefici no és cert, sinó el contrari. Un examen aprofundit de la qüestió, posa de manifest que el millor resultat s'obté en els cubilots amb un rengle únic de toberes.

Ademés, cal tenir en compte que el segon rengle de toberes s'obstrueix amb gran facilitat, degut a la poca fluïdesa que tenen en aquesta zona les càrregues.

Segon: És natural que com més temps estiguin els gasos en el cubilot major serà el calor cedit a les càrregues i, per tant, serà menor el calor que necessiten per fondre.

Dos procediments existeixen per aconseguir-ho: l'augment de l'altura del cubilot o la disminució de la pressió de l'aire. Ambdós mètodes estan en pràctica; però considerem més avantatjós el primer, perquè la combustió es realitza en millors condicions per la màxima formació de CO_2 i perquè és major el rendiment del cubilot per mq de superfície.

Complement d'aquest millor aprofitament del calor, és que les càrregues de llengot i ferro-vell siguin de considerable altura en relació amb les de coc, amb l'objecte que els gasos que les travessen es refredin el suficient perquè no cremi el carbó de la capa immediata superior.

Tercer: L'aprofitament del calor dels gasos per escalfar, de guisa semblant al què es fa en els alts forns, l'aire que ha d'ésser injectat, no fou possible, degut a la menor proporció de CO d'aquests gasos i al treball discontinu del cubilot.

Donada l'indole d'aquests gasos, l'aprofitament del calor no pot fer-se mitjançant llur combustió, sinó que ha d'ésser, forçosament, a base d'escalfar, per contacte, una superfície de material poc conductible al calor, perquè l'aire fred, en passar-hi, s'escalfi abans d'entrar en el cubilot.

La pèrdua per radiació és difícil de disminuir, degut a què no existeixen materials que, pràcticament, l'evitin; però tenint en compte que està en raó directa de la superfície de calefacció, pot disminuir-se reduint aquesta. En aquest interès resideix un altre avantatge dels cubilots proveïts d'una sola fila de toberes.

Hem vist, doncs, que per fondre una tona de la nostra foneria (3), es necessiten 276105 calories teòriques i 459657 pràcticament.

Suposant la combustió completa, les 183552 calories de diferència, representen 28 kg de coc perdut per tona de ferro-colat, i com sigui que la producció mundial d'aquest metall està calculada en 70 milions de tones, resulta que es perden anyalment, per aquest concepte, aproximadament, dos milions de tones de coc, que calculades al preu de 125 pessetes assoleixen l'enorme quantitat de 250 milions de pessetes. És a dir, que el portar a la pràctica allò que la teoria ens diu, costa a l'any aquest diner.