

Extractes i Traduccions

EL LABORATORI DE QUÍMICA D'UNA FUNDICIÓ DE FERRO

La *Commission des Méthodes d'Analyses des Fontes* nomenada per l'*Association technique de la Fonderie*, de París, ha publicat un interessant fascicle, l'objecte del qual és orientar els fonadors sobre la forma més adequada de com poden resoldre l'interessant problema de la instal·lació d'un laboratori químic destinat a l'anàlisi de matèries primes i productes acabats i a la subsegüent determinació de les fórmules de composició.

El problema interessa també els fonadors catalans. Les indústries metallúrgiques de Catalunya pateixen de la falta de fundicions de ferro que subministrin materials de composició adequada i uniforme. Són molts, gairebé tots, els fonadors catalans que encara avui no han substituït en llur treball el rutinarisme per la fixació científica de les mescles de fundició. La necessitat d'una evolució en aquest sentit s'imposa si no volem que la tècnica, cada dia més científicament organitzada, d'altres nacions anul·li la nostra producció.

El fascicle esmentat, que traduïm a continuació àmpliament extractat, conté d'una manera concreta i precisa les dades indispensables per a la instal·lació i bon funcionament d'un laboratori especialitzat per als anàlisis químics que interessin a tot fonador que desitgi orientar la seva producció per camins veritablement tècnics. No substitueix, ni és aquesta la seva pretensió, les obres especialitzades que sobre aquesta important qüestió s'han editat; més senzillament, però també força més eficientment, tendeix a posar a l'abast del pràctic els coneixements indispensables perquè pugui reeixir amb èxit en les lluites tècniques que la indústria moderna comporta.

* * *

ESCOLLIMENT DE LES MOSTRES

Aquesta operació és una de les més importants de l'anàlisi puix que cal tenir cura que la proveta assajada sigui igual al conjunt del lot examinat. És evident, per exemple, que per tenir la composició mitja d'un lot de fundició no n'hi ha prou amb analitzar una mostra del metall tret d'un llogot esco-

llit a l'atzar. Cal que l'assaig es faci sobre un cert nombre de llogots variables segons el tonellatge a analitzar. En resum, cal observar les regles següents:

Provetes d'una colada.—Es pren una mica de metall al començament, al mig i a l'acabament de la colada. Amb aquest metall es fan tres llogots que seran trencats pel mig i taladrats al centre de la part trencada.

Provetes d'un lot de llogots.—Separar metòdicament un cert nombre de llogots i tractar-los com en el cas anterior.

Provetes de fundició.—I) Grans peces: Taladrar-les en diferents punts. Cal refusar el metall de la superfície. II) Peces petites: Separar alguns objectes del lot i taladrar-los de part a part. En aquest cas, la importància de la superfície obliga a tenir compte de la composició de les parts superficials.

Tractament de les provetes.—Es barregen ben bé les diverses porcions d'encenalls del lot, es garbellen i s'anota el pes de les porcions separades pel sedàs. Per a l'anàlisi es treuen parts proporcionals d'aquestes dues porcions. Certs autors recomanen fer l'anàlisi sobre diversos taladrats i prendre la mitja dels resultats.

METODE PER A L'ANALISI DE LES FUNDICIONS

Dosatge del carboní total

METODE DE COMBUSTIÓ DIRECTA DEL METALL DINS L'OXÍGEN (fig. 1)

Principi.—El metall és cremat, en un forn elèctric, en un corrent d'oxigen a una temperatura pròxima

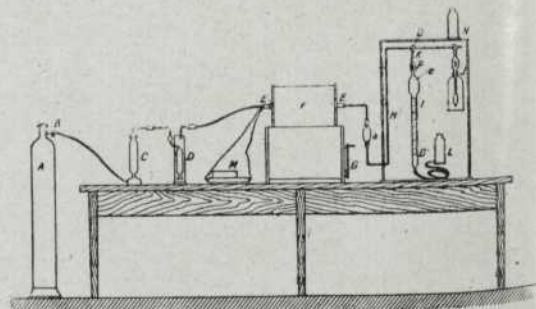


Fig. 1

a 1100°, amb ço que tot el carboni contingut en la fundició es transforma en CO₂. El CO₂ format es determina mesurant el seu volum amb un aparell de WIBORG solidari del forn. A falta d'aquest aparell, l'ús del qual recomanem amb interès, pot dosar-se el CO₂ per absorció en un tub tarat amb calç viva i subsegüent dosatge ponderal. Hem de remarcar, en primer terme, que el mètode de combustió directa és un dels pocs que donen resultats exactes. Tot i la seva simplicitat, necessita, per part de l'operador, una gran cura en tots els detalls de l'operació i conservació dels aparells. Malgrat totes les precaucions hom no pot estar segur de l'exactitud dels resultats obtinguts si no es controla la bona marxa de l'aparell mitjançant, després de cada sèrie de vint o trenta combustions, un dosatge sobre una mostra patró.

El dosatge del carboni total comporta: I) La purificació de l'oxigen emprat. II) La combustió del metall en el forn elèctric. III) La separació del CO₂ format del SO₂ provinent de la combustió del sofre. IV) El dosatge de la quantitat de CO₂ format. Tant si aquesta mesura és volumètrica com gravimètrica, les tres primeres fases són sensiblement les mateixes.

I) *Purificació de l'oxigen.*—L'oxigen el proporciona un tub d'oxigen a pressió (A) provist d'un expansionador que permet obtenir un corrent regular a una pressió de 0'5 atm. El millor oxigen és el fabricat pel procediment G. C. CLAUDE per destil·lació de l'aire líquid. La purificació es fa fent passar el gas per dos flascons rentadors (C i D), el primer dels quals conté calç viva per absorbir el CO₂ i el segon àcid sulfúric concentrat, que cal renovar freqüentment, destinat a absorbir la humitat del gas. L'oxigen del tub pot contenir hidrocarburs, els quals, no essent retinguts pels flascons rentadors alterarien el resultat del dosatge. Cal fer abans un assaig sobre una fundició patró. Si el seu resultat indica una quantitat de carboni provinent del tub superior a 0,05 % s'haurà de canviar el tub d'oxigen¹.

II) *Combustió del metall en el forn elèctric.*—El forn elèctric és entregat tot muntat pels fabricants d'aparells per a laboratori. Essencialment, és format per un tub de terra refractària al voltant del qual és enrotllada una cinta de plati o un fil d'alliatge cromo-níquel. El conjunt és aïllat dins d'una envolta de planxa de ferro. Un reostat posat en sèrie sobre l'enrotllament del forn permet de regular la temperatura. El forn ha de portar, demés, un amperímetre, un voltímetre i un piròmetre LE CHATELIER amb el seu galvanòmetre. Dins del tub que suporta l'enrot-

llament hi ha el tub de combustió pròpiament dit, el qual és de porcellana refractària o de quars fos.

La proveta es posa en un gresolet de porcellana en l'interior del tub de combustió.

III) *Separació del SO₂ i P₂O₅ provinents de la combustió del sofre.*—Per efectuar aquesta separació es fa passar el gas que prové de la combustió per un separador de dues boles (a) omplert amb dissolució sulfocròmica preparada com segueix: En un baló de tres lts. es tiren 500 cc d'aigua i 1500 de SO₂H₂ pur (amb precaució) i 70 cc d'una solució que contingui 100 gr de CrO₃ per lt. d'aigua. Es fa bullir durant quaranta minuts al bany de sorra. Aquest líquid ha d'ésser manipulat amb precaució; el contingut en el separador ha d'ésser renovat cada dia, si es vol fer una mesura exacta.

IV) *Dosatge volumètric del CO₂.*—Aquesta mesura es fa mitjançant un aparell de WIBORG, solidari del forn elèctric. Quan el dosatge és ponderal l'aparell de WIBORG és reemplaçat per dos tubs en U; el primer conté calç sodada i el segon una meitat de pedra tosca sulfúrica i una meitat de calç sodada.

Mètode operatori

Abans de l'anàlisi s'escalfa el gresolet a 1000° i se'l deixa refredar després a la temperatura ambient en una caixa de terra refractària completament tancada; s'introdueixen en el gresol 200 gr de fundició i uns 400 gr d'òxid de bismut i de cobalt. S'aixeca el flascó de nivell L de l'aparell de WIBORG de guisa que s'ompli de mercuri fins al tub capilar AK el mesurador I. S'introdueix el picnòmetre LE CHATELIER dins el tub de combustió i s'estableix el corrent. Quan la temperatura és de 1100° es comença l'assaig. Per això s'introdueix el gresol que conté la mostra dins el tub de combustió E servint-se d'una tija d'aram prèviament calcinada. S'uneixen bé les diverses parts de l'aparell. L'oxigen és introduït amb precaució de manera que el líquid de la bureta I baixi amb lentitud. La combustió dura un minut aproximadament. Es baixa lentament el flascó de nivell L fins que el mesurador I marca una pressió pròxima a l'atmosfèrica. Quan el líquid arriba a O' en el mesurador I s'interromp la comunicació entre el forn i l'aparell de WIBORG tancant l'aixeta O i es para el corrent d'oxigen. Hom s'assegura de què el líquid està al mateix nivell en els recipients I i L i es llegeix el volum V.

S'aixeca el flascó L, es comunica el tub I amb el de potassa i s'hi fa passar tot el gas. Per fer l'absorció són requerits uns tres minuts, passats els quals es torna el gas a I abaixant el flascó L. Es treu la comunicació entre el tub I i l'absorbidor de potassa tancant l'aixeta K, s'igualen els nivells del mesurador I i del flascó L i s'anoten el volum restant V',

¹ Aquests hidrocarburs poden ésser eliminats fent passar el gas per un tub amb òxid de coure escalfat a 700°, seguit d'un tub contenint calç viva destinada a absorbir el CO₂; però això complica molt l'aparell.

la temperatura t i la pressió H . El volum de CO_2 a 0° i 760 mm serà:

$$V_0 = \frac{(V-V')(H-t)}{760(1+0.003665t)}$$

d'on pot deduir-se la quantitat de carboni.

En alguns aparells I indica directament la quantitat de carboni i una taula que acompanya l'aparell dóna el coeficient de correcció. L'operació requereix uns deu minuts.

DOSATGE PONDERAL DEL CO_2

El muntatge i la marxa de les operacions són les mateixes. La sola diferència resideix en què el tub de WILBORG és substituït pels dos tubs d'absorció esmentats anteriorment. Aquests tubs són pesats abans i després de l'assaig. La diferència entre les dues pesades multiplicada per 0,2727 dóna la quantitat de carboni.

Dosatge del carboni combinat

METODE COLORIMETRIC D'EGGERTZ

Principi.—El nitrat de peròxid de ferro és incolor. Quan es tracta una fundició amb NO_2H el líquid es torna fosc; aquesta coloració és deguda a la dissolució del carboni combinat i és tant més pronunciada a mida que el contingut en Cc de la fundició assajada és més alt. Aquesta coloració és comparada a la d'una fundició patró també atacada en les mateixes condicions.

Manera d'operar.—En un tub d'assaig s'ataquen 100 mg de fundició per 6 cc exactament d'àcid nítric de $d=1.2$. La mateixa operació es fa amb 100 mg de fundició patró. Es tapen els tubs amb una bala de vidre i són escalfats durant una hora, a ebullició, en bany maria fins a complet atac. Es refreda ràpidament i es filtra sobre filtre sec amb un embut de 3 cc. Es recullen 4 cc dels filtrats, exactament mesurats, en tub d'EGGERTZ graduat en dècimes; s'igualen les coloracions tirant aigua, de gota en gota, al més fosc. Sigui C la quantitat de carboni combinat cercada, V el volum del líquid de la proveta patró, V' el del que s'assaja i c la quantitat de Cc de la fundició patró

$$C = c \frac{V'}{V}$$

La comparació dels dos líquids es fa davant d'un ecran de vidre sense polir.

Carbòni grafitic

La quantitat de carboni grafitic s'obté restant de la quantitat de carboni total la de carboni combinat.

Dosatge del silici i fòsfor

Per poder dosar el fòsfor cal separar primer el silici. Aquest element és dosat a l'estat de sílice i el fòsfor és precipitat amb el reactiu molíbdic.

SILICI

1 gr de fundició és atacat per 20 cc d'àcid nítric al 1/2 en una càpsula de porcellana de 125 cc coberta amb un embut capgirat; quan la reacció minva s'escalfa lleugerament al bany de sorra, i un cop acabada es renta l'embut amb una mica d'aigua, la qual es recull dins la càpsula, s'afegeixen 2 cc d'àcid sulfúric conc i s'evapora fins a desprendiment de fums blancs. Amb una barreta de vidre s'esclafa la massa seca i s'escalfa encara, disminuint el foc, durant mitja hora. El sulfat fèrric format es dissol en 50 cc d'aigua bullenta. Es refreda i filtra sobre un filtre petit; es renta amb aigua freda i el filtrat és recollit en un matràs d'ERLENMEYER per tal de dosar el fòsfor. El filtre, encara mullat, és posat en una càpsula de porcellana tarada, la qual és portada a la part anterior de la mufla on la dessecació es fa ràpidament. La càpsula és acostada paulatinament al foc i introduïda, finalment, a la mufla. Després de combustió completa es pesa la càpsula; la diferència de pes representa la sílice. En el cas d'una proveta d'un gram, el percentatge de silici ve donat per la fórmula:

$$\text{Si } \% = n \times 0,4702 \times 100$$

FÒSFOR

Al filtrat precedent s'afegeix 1 gr d'àcid cròmic pur; es fa bullir fins que el volum queda reduït a uns 20 cc i s'afegeixen 5 gr de nitrat amònic i 50 cc de reactiu molíbdic. El vas, cobert amb un vidre de rellotge, s'escalfa al bany maria durant una hora. Refredar, filtrar i rentar amb aigua que contingui 5 % de reactiu molíbdic, fins que el filtrat no colora més el sulfocianur amònic, i després amb aigua acidulada lleugerament amb àcid nítric. Es posa el filtre en una càpsula tarada, s'asseca i es calcina al roig ombra. El residu obtingut és blau verdós; si n designa el seu pes

$$\text{P } \% = 0,0169 n \times 100$$

Preparació del reactiu molíbdic

Dissoldre en fred 100 gr de molíbdat amònic en

800 cc d'aigua; afegir-hi 100 cc d'amoniac pur de 22° i completar el volum a 1 litre. En el moment de l'ús s'aboca un volum d'aquesta solució a un d'igual d'àcid nítric de densitat 1.20.

Dosatge del sofre

El principi del mètode consisteix en la transformació del sofre del metall en hidrogen sulfurat i dosatge d'aquest gas per iodometria.

Aparell utilitzat

L'aparell consta d'un baló *B* o d'un matràs de fons pla de 300 cc de capacitat. El tap és travessat per un embut de bromi *T* que arriba gairebé al fons i per un petit refrigerant de reflux *R* (fig. 2). Aquest refrigerant va unit a un tub de desprendiment *D* amb una bola *A* destinada a aturar les possibles absorcions, el qual tub entra dins d'un matràs d'ERLENMEYER de 400 cc.

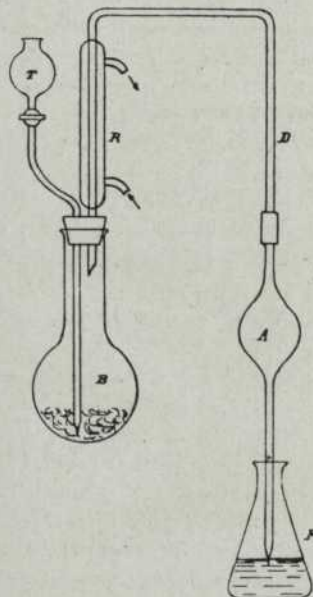


Fig. 2

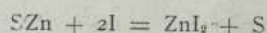
Mètode operatori

S'introdueixen en el baló *B* 5 gr de fundició (procurant que no en quedi d'adherida al coll), i 50 cc d'aigua. Es tapa i es tiren a l'embut *T*, tenint-ne tancada l'aixeta, 100 cc d'àcid clorhídric pur a 22° i al matràs *F* 200 cc d'acetat de zenc. S'obra lentament l'aixeta del tub de bromi i es fa arribar al baló una part de l'àcid, el qual reacciona amb la fundició. Quan la reacció mima s'afegeix la resta de l'àcid, es renta l'embut de bromi amb una mica d'aigua que es fa passar també al baló i s'escalfa aquest amb moderació. Un cop llesta la dissolució es tira una

solució de bicarbonat de sosa (2 gr per 60 cc d'aigua) a l'embut de bromi, la qual és introduïda lentament en el baló de manera que origini un desprendiment de CO_2 que desallotja els gasos que queden a l'aparell. Es separa el tub de desprendiment, es renta i es recull l'aigua del rentatge en el matràs *F*, el qual conté tot el sofre a l'estat de SZn .

Mesura del títol

Si el licor de iode ha estat preparat curosament, podem considerar-lo exactament valorat. Falta sols conèixer la relació entre el líquid de iode i el d'hiposulfit. Per això es tiren en un matràs d'Erlenmeyer 200 cc de solució d'acetat de zenc i després 10 cc de solució valorada de iode, mesurats en una pipeta. S'omple una bureta amb la solució d'hiposulfit, la qual és tirada poc a poc en el matràs remenant fins que el color del iode sigui gairebé imperceptible. En aquest moment s'afegeixen algunes gotes d'engrut de midó, les quals comunicaran al contingut una coloració blava intensa. S'afegeix novament, aquesta vegada de gota en gota, solució d'hiposulfit fins a total decoloració. S'anoten els cc d'hiposulfit emprats. Posem, per exemple, 12,5 cc. La reacció esdevinguda és



En el cas actual, 1,250 cc d'hiposulfit corresponen a 1 gr de sofre, d'on

$$1 \text{ cc d'hipo} \frac{1}{1.250} 0,0008 \text{ gr de S}$$

La valoració volumètrica del sofre contingut en el matràs *F* es fa de la mateixa manera que per a l'hiposulfit: Introduir en la solució d'acetat de zenc 10 cc de la solució de iode (amb una pipeta) i remenar; si el líquid no pren una coloració groga s'afegeixen altres 10 cc de reactiu de iode, fins a obtenir la coloració esmentada. A continuació es valora l'excés de iode pel procediment detallat.

Dosatge del manganès

METODE PEL PERSULFAT

El manganès contingut en la fundició és peroxidat a l'estat de permanganat. La quantitat de manganès és determinada per volumetria, mesurant el nombre de cc d'una solució As_2O_3 necessaris per a la decoloració del permanganat format. El títol de la solució d'àcid arseniós s'estableix per comparació amb una fundició tipus, en la qual el contingut en manganès ha estat determinat exactament per un altre mètode.

Manera d'operar

En un baló s'ataquen 0,2 gr de fundició per 10 cc de SO_4H_2 al 1/2 addicionat de 0,5 cc de NO_2H i s'escalfa a bany de sorra fins atac complet i es deixa refredar. S'afegeixen 5 cc d'una solució saturada de $\text{SO}_4\text{Ag}_2 + 0,5$ gr de persulfat amònic crist. Diluir fins a 50 cc. Es passa al bany maria durant 3 a 5 minuts fins a coloració groga, tenint cura, però, de no passar dels 60° . Es deixa en repòs i es dosa volumètricament amb una solució que contingui per dos litres d'aigua destil·lada 1 gr de $\text{As}_2\text{O}_3 + 5$ gr de NaHCO_3 . El nombre de cc trobats \times per 0,89 dona el percentatge en Mn.

LA INSTAL·LACIÓ DEL LABORATORI

La instal·lació del laboratori d'una fundició no comporta, com es veu sovint, despeses elevades. Nosaltres ens situarem ací en la hipòtesi d'un laboratori per a un químic i el seu ajudant.

LOCAL

Tots són bons. La qüestió essencial és assegurar-hi un tiratge suficient, per tal de sostreure el personal a l'acció tòxica dels àcids deleteris i evitar la ràpida destrucció del material. Aquest resultat pot ésser assolit per la construcció ben compresa de les vitrines.

Sigui quina sigui la cura posada en la construcció d'aquestes, no s'assoleix l'evacuació completa dels vapors àcids. D'això resulta que si el laboratori ha de contenir, ultra del laboratori de química pròpiament dit, aparells i màquines per als assaigs mecànics, caldrà situar aquest darrer en una habitació separada. Caldrà, també, un local especial per a les balances, puix del contrari es corre el risc de fer-les malbé ràpidament.

LA VENTILACIÓ

El laboratori cal que sigui ben ventilat per tal d'evacuar els vapors nocius que s'hi desprenen. L'aeració és, ordinàriament, provocada per una xemeneia provista d'una vitrina de tiratge, sota la qual es fan les operacions que desprenen gasos nocius. Les vitrines són, per regla general, mal establertes. Se'n troben moltes que per a una superfície d'entrada molt considerable, tenen una xemeneia de secció excessivament petita. Aquesta xemeneia és d'un efecte gairebé nul des del punt de vista del tiratge i, en canvi, deixa caure tota mena de pols en els recipients que eixopluga. Per evitar aquests inconvenients aconsellem de prendre per base del projecte de construcció les dimensions que ací donem.

XEMENEIA

Puja des del sòl del laboratori i porta arran de terra una trapa T per a la neteja. A uns tres metres d'alçada una obertura O de la mateixa secció que la xemeneia, comunica amb la vitrina; aquesta

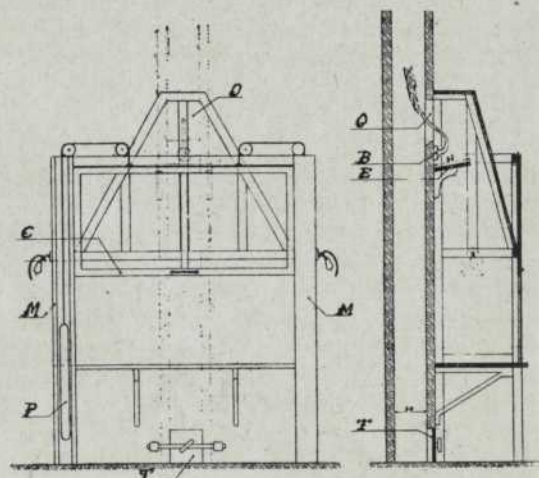


Fig. 3

obertura és destinada a l'evacuació dels vapors. La xemeneia segueix fins el cobert per sobre del qual s'enlaira a una alçada convenient per permetre un tiratge natural. Una tapa la posa a l'abric de la pluja i dels vents descendents.

LA VITRINA

Es construeix amb fusta i vidre, el què permet una gran netedat. Es pot emprar també el ciment armat. La part davantera és formada per una porta mòbil C . La porta s'escorre per dues ranures verticals i porta els contrapesos P , dissimulats en els muntants MM . L'obertura total no ha d'ésser superior a quinze vegades la secció de xemeneia. Cal pintar la fusta anualment amb oli calent per tal de preservar-la de l'acció dels àcids. Pels xassis de grans dimensions és millor emprar dos contrapesos.

La disposició de la xemeneia no permet que caigui pols dins de la vitrina; tot i això, és prudent de posar davant de la sortida un protector de vidre E , com ho indica el croquis.

EL TIRATGE

El tiratge natural és, gairebé sempre, insuficient; se l'activa correntment posant a l'entrada de la xemeneia un metxer de gas B constituït per un senzill cap de tub de llautó. L'aixeta de pas és disposada a l'alçanc de la mà fora de la vitrina. Quan per les circumstàncies s'ha d'augmentar l'entrada d'aire, cal

fer ús del tiratge artificial. Aquest pot ésser indirecte o induït.

Els ventiladors i, sobretot, els motors elèctrics que els mouen, són ràpidament destruïts pels gasos que s'escapen. Si es vol fer el tiratge directe, cal fer-ho amb un ventilador de gres; és un aparell molt costós, però molt eficient. El motor es troba protegit del corrent i, per tant, es conserva en bon estat. El tiratge induït permet instal·lar un ventilador metàl·lic. La instal·lació és menys onerosa que la del ventilador de gres i la depressió obtinguda és suficient en la majoria dels casos. Altrament, el dispositiu de ventilació és a l'abric de la corrosió, puix que no es troba mai en contacte amb els gasos de la vitrina.

LA AERACIÓ

Per donar aire a la vitrina, hom pot preveure una ventilació particular o una aeració general. El subministre d'aire directe a la vitrina assegura el seu tiratge i evita tot moviment d'aire a la sala; però no cal oblidar que moltes operacions de les que es fan en els laboratoris desprenen gasos nocius que

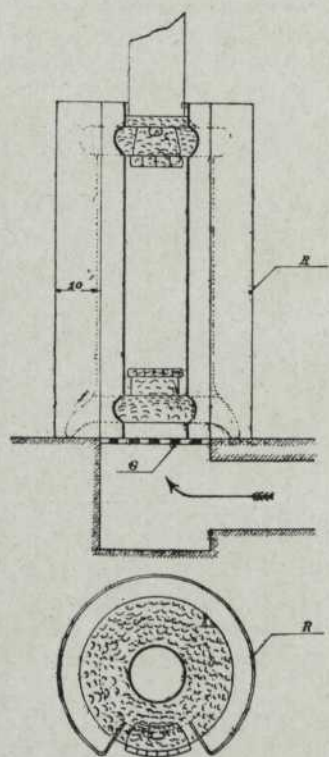


Fig. 4

cal eliminar. Es fa, demés, indispensable la aeració general, prenent, però, les precaucions indispensables per no perjudicar el personal. En els laboratoris do-

tats de calefacció central, l'aeració es pot fer establint entrades d'aire a l'indret de cada radiador. Quan la calefacció la produeixen estufes no hi ha ventilació prevista, tot i ésser més necessària, puix a la necessitat d'aire de la vitrina, s'afegeix la de l'estufa. Dos casos es presenten: L'estufa és situada lluny dels murs exteriors. En aquest cas es pot practicar l'entrada d'aire tal com ho indica la figura 4. Un conducte subterrani de la mateixa secció que la xemeneia comunica per un cap amb l'aire exterior i d'un altre amb el laboratori, per medi de l'engraellat *G* situat sota l'estufa i el diàmetre del qual és lleugerament major al d'ella. Un cilindre de planxa *R* envolta l'estufa a una distància d'uns 10 cm. Aquest cilindre és interromput per la banda on es fa la càrrega i descàrrega i la planxa es plega seguint una generatriu de manera que els seus extrems cloguin l'espai anular.

LES BALANCES

El fascicle recomana especialment el model de balances amb amortiguadors CURIE de 250 gr de força. Dóna les instruccions necessàries a la seva instal·lació i verificació, les quals no repetim ací per tal com poden trobar-se en qualsevol tractat d'anàlisi o en els catàlegs de les cases constructores.

La tasca del químic en la fundició

Cal que estigui en contacte continuat i en absolut acord amb el cap de la fundició.

Ha de comprovar la qualitat de les matèries primes; revisar les comandes i recepcions; vigilar estretament la classificació d'aquestes matèries i la composició de les foses; procedir personalment, o vigilar-la, a la presa de mostres; fer els dosatges comparant-los entre ells; no perdre de vista que el més exacte anàlisi centesimal, ha d'ésser completat amb l'assaig físic i microscòpic. Ha de vigilar el funcionament dels aparells de fusió, els forns i estufes, assenyalant els vicis de funcionament. Diàriament ha d'analitzar les fundicions líquides i molt sovint el coles escòries, la terra, el gas, les aigües i productes anexas. En resum, la intel·ligència del químic deu vetllar tothora per tal de poder trobar ràpidament les causes de qualsevol incident de fabricació i determinar el remei. Si ho fa així, ajudarà eficientment la bona marxa de la fundició a la qual pertany. Afegim, per acabar, que l'estada en un laboratori és indispensable a tot enginyer que es vulgui especialitzar en fundició.

J. M. tr.