

## LA FONERIA ACTUAL I ELS SEUS PROGRESSOS

pel Dr. Richard MOLDENKE

**L**A indústria de la foneria gris travessa avui una crisi que es resoldrà o bé per la depreciació gradual d'aquesta indústria, que quedaria en posició secundària dins de la vida industrial, o bé per una saludable reacció com s'ha vist en altres branques dels materials de construcció. En els últims anys, moltes peces de ferro-colat han estat substituïdes per altres d'acer i de ferro malleable emmotllats. Demés d'això, l'estampació dels metalls, en permetre obtenir per altres camins més senzills i amb materials millors una gran varietat de peces que ens proporcionava la foneria, contribueix, també, a agreujar la forta crisi que aquesta indústria travessa en la generalitat dels països.

La reacció que abans assenyalàvem com a única possible per revaloritzar la foneria, cal cercar-la en la correcció de les dues causes principals de la seva retrogradació. La primera és la millora de la qualitat del metall subministrat per la indústria; la segona és l'energèica i sistemàtica conquesta de nous mercats per al ferro-colat.

Examinant les actuals condicions de treball i llur influència en la qualitat dels ferro-colats obtinguts, les foneries pateixen, encara, les conseqüències de l'empitjorament dels materials, produït durant la primera part de l'última dècada.

La considerable quantitat de llogot destinat a la fabricació d'acer en aquests anys, ha obligat els fonadors a incrementar la proporció de ferro-vell fins a límits que abans no haurien pogut ésser imaginats, i les repetides refusions de semblants ferros sense la beneficiosa dil·luació dels sulfurs mitjançant abundants addicions de llogot, havia, forçosament, de donar per resultat el greu i acumulat empitjorament del ferro-vell comercial.

Una mala situació, però, tard o d'hora imposa un remei. D'ací que s'hagi desenrotllat un mètode de desulfuració del ferro-colat per mitjans químics que representa una solució fàcilment aplicable; aquesta, unida a les altes temperatures de fusió per assolir un cert grau de desoxidació, contrarestarà el mal efecte de l'ús actual del ferro-vell.

En quant a la qualitat del llogot, cal establir una clara delimitació entre el llogot de motlleig i el d'afinatge destinat a la producció d'acer. En el primer cas, tant si la presència d'òxid de ferro en el llogot és deguda a la reoxidació de l'esponja de ferro, a l'oxidació de les gotes de metall en caure per davant de les toberes o a qualsevol altra causa, cal vetllar per-

què aquelles proporcions d'òxid dissolt siguin reduïdes al mínimum. Tots els processos de fusió aplicats a la foneria són de naturalesa oxidant i contribueixen, sempre, a agreujar les dificultats originades per l'oxidació ja existent.

Per aquesta raó, és d'importància, quan es tracta d'obtenir bons ferro-colats, emprar llengots de la millor qualitat. Com més gran és la quantitat d'òxid de ferro dissolta en el metall líquat i a punt per la colada, tant major és el seu punt de solidificació i, per tant, menor la diferència que existeix entre les seves temperatures de colada i de solidificació. Si aquest interval disminueix, l'alimentació de metall fresc des de la cubeta de l'abeurador és menys eficient i és la seva ascensió pels canals fins a dins del motllo allò que intensifica els bufats interiors. Quan l'oxidació és molt enèrgica aquests bufats arriben a produir veritables cavitats. El fonedor sap ja que aquest ferro intensament oxidat és de vida curta i quan el creu a punt de colar en els motllos, sagna el cubilot i efectua l'operació amb tota la rapidesa possible.

El llengot destinat a la fabricació d'acer no requereix una cura tan extremada com el que és destinat a l'obtenció de ferro-colat, per tal com l'afinament obligat del material ja corregeix el material. Aquesta diferència en el tractament dels dos tipus de llengot no és, sovint, coneguda pels metallúrgics, la qual cosa els porta a emprar llengot per a ferros especials, per raó del preu més baix, sense tenir en compte que es tracta d'una qualitat inadequada.

Davant d'aquest estat de coses, el fonedor conservador es veu obligat a sacrificar la qualitat al tonatge i la consciència d'aquest seriós defecte ha fet comprendre al fonedor la necessitat que té de disposar d'un mètode fàcil i d'adequada precisió per assajar i analitzar el llengot que se li ofereix, amb el qual pugui establir llur preu diferencial <sup>1</sup>.

Els combustibles emprats en la fusió i en tota mena de tractaments tèrmics a què poden sotmetre's les peces emmotllades, són avui novament tan bons com havien estat. És possible, no obstant, introduir alguna millora en la producció de coc per a foneria.

Pel que afecta a l'hulla per a forns de fusió i recuit, es disposa en abundància del material més excellent, i amb l'ús progressiu de l'hulla polvoritzada s'assoleixen fàcilment tots els avantatges dels forns alimentats per gas. L'oli combustible, encara que s'empri amb èxit en els forns Martin Siemens i en els forns de caldeig, ha d'ésser aplicat amb precaució en els cubilots i forns de fusió amb injecció d'aire, ja que el gran volum de vapor d'aigua originat per l'elevada proporció d'hidrogen que conté aquest

<sup>1</sup> Vegi's CIENCIA: "El Laboratori de química d'una foneria de ferro", vol. I, pàg. 328.

combustible, en posar-se en contacte directe amb el ferro líquid, constitueix un enèrgic element d'oxidació que disminueix la fluïdesa del material.

Un dels progressos més importants realitzats actualment en la foneria és l'estudi de les arenes de motlleig, les quals tenen una gran influència sobre la naturalesa de la superfície de les peces foses. Els resultats pràctics reals de les recerques efectuades sobre aquesta qüestió, els han tocat solament les grans foneries equipades amb laboratoris d'assaigs d'alguna importància i els grups de foneries servides per laboratoris d'investigació. En aquesta via, és d'un alt interès l'obteniment d'arenes de motlleig sintètiques d'estructura i composició uniformes per tal d'obtenir les superfícies de les peces foses el més regulars i homogènies possible.

La idea de preparar artificialment les arenes de motlleig no és nova i fou primerament aplicada a Suècia, país que, pràcticament, està mancat de bones arenes de motlleig. Els fonadors suecs afegien argila als munts d'arena magra per tal d'augmentar llur poder aglutinant i aconseguir que la barreja resultant pogués utilitzar-se per al motlleig de manera satisfactòria. Els bons resultats assolits en aquest sentit, poden perfeccionar-se amplament tirant l'arena sobre barreges riques d'argila i aigua, prèviament preparades, i sotmetent el conjunt a l'acció de molins mescladors. Així, si noranta parts d'una arena arrodonida de sílice, pura i de gra uniforme, s'aboquen sobre deu parts d'una pasta clara preparada amb argila grassa i de la qualitat més refractària que es pugui obtenir (sense comptar l'aigua necessària) i la barreja es remena enèrgicament, de preferència amb mitjans mecànics, obtindrem una barreja que, un cop mòlta, serà formada per grans d'arena recoberts regularment d'argila.

En l'estudi de les arenes de motlleig existeix una qüestió col·lateral que no s'ha d'oblidar. Es tracta de la forma de beneficiar les sorres naturals per millorar llurs qualitats i augmentar llur duració. Els transports a gran distància de les classes d'arena pura i d'argila adequades al producte sintètic no seran sempre possibles econòmicament, i, per tant, caldrà pensar en l'aplicació de les arenes naturals, de mitjana qualitat.

La comparació d'un taller de preparació de models instal·lat a l'antiga amb un taller modern, posa de manifest diferències extraordinàries. L'ús d'arenes seleccionades i d'aglutinants adequats, barrejats mecànicament, la producció de nuclis amb auxili de màquines de treball perfeccionades i, finalment, l'aplicació d'estufes escalfades elèctricament i molt ben isolades, són factors que han millorat considerablement les peces foses.

Com s'ha dit abans, la introducció d'elevades proporcions d'acer en les barreges ha permès mantenir la qualitat del metall emprat per al mot-

lleig de peces de ferro-colat malgrat de l'efecte contraproductiu del ferro-vell pobre i del llengot bast. Cal tenir en compte que l'acer, en contacte amb el coc incandescent del cubilot en les condicions ordinàries de funcionament, absorbeix al voltant de 2'75 per cent de carboni i es transforma en ferro-colat. Utilitzant un mínim de combustible, la proporció de carboni absorbit pot reduir-se a 2'50, mentre que emprant molt combustible per a la fusió (coc de destil·lació d'olis) pot elevar-se fins a 3'00 per cent. En el procés de la fusió, les característiques de l'acer desapareixen per complet i, per tant, no és admissible l'ús del mot "acer" amb referència a les peces foses. Ademés, aquesta considerable absorció de carboni explica la petita reducció que experimenta aquest element en el ferro-colat resultant, adhuc en el cas d'emprar en les barreges fortes proporcions d'acer; l'aclariment del notable increment de resistència assolit amb aquest procediment ha de buscar-se en altres raons.

Els últims resultats obtinguts en el perfeccionament del ferro-colat, particularment pels metallúrgics alemanys, il·lustren molt aquesta qüestió i expliquen, almenys parcialment, com s'obté un notable augment de resistència sense reduir de manera considerable la proporció de carboni contingut en el ferro-colat. L'explicació es fonamenta en la influència de la temperatura sobre les condicions físiques del grafit precipitat durant el canvi que experimenta el ferro fos en passar de l'estat líquid a la fase sòlida. Convé remarcar que com més petit és el refredament—o més gran l'interval de temps entre els estats líquid i sòlid—tant majors resulten els cristalls que es formen en una solució d'un material donat suficientment concentrada per contenir nuclis de l'esmentat material com a gèrmens de formació dels cristalls. Al contrari, quan més gran és la velocitat de refredament o més petit l'interval de temps durant la solidificació, tant més petits són els cristalls de la massa sòlida resultat.

El grafit no constitueix una excepció de la regla, ja que en les condicions ordinàries de fusió amb baix refredament de la solució líquida ferro-carboni—quan aquesta és colada en motllos secs o prèviament escalfats de poca conductibilitat calorífica, com són els d'arena—es formen cristalls molt bastos, mentre que si el mateix ferro és abocat en motllos de gran conductibilitat calorífica—com són els metàl·lics—contindrà tot el grafit precipitat en forma de cristalls molt fins.

Naturalment, per obtenir cristalls de grafit és indispensable que, abans o durant el període de solidificació, existeixin ja nuclis grafitics o gèrmens inicials de cristallització en el metall líquid. El tamany dels cristalls dependrà del major o menor temps transcorregut entre el moment en què s'inicia la creixença del cristall en el nucli grafitic i la solidificació. La im-

portància del desenvolupament de les recents investigacions prové d'haver localitzat en el ferro-colat gris, líquat en les condicions ordinàries de fusió i sobreescalfament, gran nombre de nuclis microscòpics, els quals, en solidificar-se el metall, vénen a constituir els gèrmens inicials de la formació de grans cristalls, que minven la resistència del ferro-colat. Demés, quan el bany fos és portat a temperatures extremament elevades, els nuclis de grafit es dissolen per complet en el ferro; aquest grafit, en el refredament ulterior, no pot originar la formació de cristalls tan grans, degut a l'absència de gèrmens inicials. Solament amb un refredament considerable, i a condició que ho permeti el temps que transcorre abans que el bany prengui l'estat sòlid—en realitat quan passa més avall del punt de solidificació (sobrefusió)—poden originar-se novament nuclis grafitics, susceptibles de donar lloc a la formació de cristalls grossos. De fet, quan els nuclis grafitics s'hagin de formar en el metall en estat de sobrefusió—millor dit, de sub-refredament—la temperatura serà ja tan pròxima al punt de solidificació que solament hi haurà temps per a la formació de cristalls finíssims, d'on resulta un metall de major tenacitat. Així, un ferro líquat sota condicions de reescalfament molt per sobre dels límits de la pràctica ordinària, podrà donar peces foses que tindran, potser, doble resistència de la que presentaria el mateix ferro si hagués estat tret en el grau de sobrecaldeig usual.

Aquesta afirmació pot comprovar-se fonent una càrrega de ferro-colat gris en el gresol o en el forn elèctric de resistència. Quan el metall es conserva amb prou feines en estat líquid es cola una proveta, l'un dels extrems de la qual es troba en contacte amb una conxa de refredament. Les microfotografies preses de l'extrem tou i de l'extrem endurit de la proveta mostraran els nuclis grafitics en la part blanca i els grans cristalls de grafit en la part gris. Si el bany restant s'escalfa altres 100° F. o més i es deixa refredar, després, fins a la primera temperatura de colada i es preparen provetes corresponents a cada augment, de cada una de les quals es treuen microfotografies semblants, es veurà com els nuclis grafitics van desapareixent gradualment de la part endurida amb correspondència amb l'elevació de temperatura assolida, mentre que, anàlogament, en la part tova, els cristalls de grafit seran cada vegada més fins.

Això constitueix, indubtablement, un aclariment complementari de l'increment de resistència obtingut quan es produeixen condicions que determinen un elevat grau de sobrecaldeig.

En la pràctica ordinària de la foneria, es sap que, en la marxa molt calent, el metall pren menys sofre del combustible, que existeix menys propensió als bufats, i, en general, s'obtenen peces millors. En essència, la re-

gla consisteix a colar a temperatura tan alta com l'arena pugui resistir.

No obstant, no pot despendre's d'això que quan el cubilot treballa amb pocs graus de reescalfament hagi de resultar una foneria tova; la fusió a baixa temperatura pot ésser conseqüència d'un llit de fusió excessivament baix de combustible, la qual cosa determina l'oxidació del ferro. Amb això, el punt de solidificació d'aquest resulta més elevat, l'interval normal de temps per a la cristallització del grafit abans de passar el metall a l'estat sòlid es redueix i la foneria resulta dura.

Les investigacions considerades han posat de manifest una altra qüestió d'importància pràctica. Quan la liquació s'efectua en condicions d'elevat reescalfament, cal conservar el metall abans de la colada, refredant-lo fins a assolir la temperatura requerida. Això és preferible a efectuar la colada tot seguit i deixar que la massa dels motllos absorbeixi i difongui l'excés de calor. En l'últim cas, no solament sofreix la superfície dels motllos, sinó que es retarda el punt de solidificació, amb la qual cosa poden formar-se cristalls grossos de grafit, a causa dels nuclis que acaben per originar-se durant el refredament.

Una altra pràctica bastant estesa, i que cal considerar nociva, quan es tracta d'emmotllar peces de dimensions importants, és l'afegir trossos de ferro-vell al metall massa calent, ja sigui en la cullera de mà o en el calderot de la grua. Aquest bandejament és, també, aplicable a l'addició d'alligacions de ferro en la cullera, a menys de comprovar amb el microscopi que no presenten nuclis grafitics.

L'ús de ferro-alligacions en la producció de peces de ferro-colat, requereix alguna atenció. La varietat de composicions del llogot és suficient per permetre la producció de totes les barreges ordinàries de foneria. El contingut de silici, per exemple, pot oscil·lar en els llogots nordamericans des d'una valor insignificant fins el 16 per cent, la qual cosa permet prescindir del costós empleu del ferro-silici en la preparació de barreges de cubilot. A Europa, no obstant, l'elecció del llogot molt siliciós és limitada i el ferro-silici és més econòmic; d'ací l'extensió considerable del seu ús en el treball corrent de foneria.

En el cas del manganès, la varietat de llogots no és tan gran i per això el ferro-manganès s'empra freqüentment en el cubilot per incrementar la quantitat de dit element en les peces foses.

El fonedor que sent parlar de l'admirable resistència i altres qualitats de la foneria obtinguda com a conseqüència de les investigacions recents, desitja, naturalment, acostar-se als mateixos resultats, si no superar-los. Examina, en primer terme, la composició d'aquestes foneries, d'"alta qualitat" i les troba carregades de silici, amb manganès per sobre el límit

ordinari i poca quantitat de sofre i fòsfor, però amb la quantitat total de carboni molt baixa, quan menys pel que toca als mitjans ordinaris d'obtenir-la, ja que un 2'80 per cent de carboni total en el ferro-colat no s'assoleix fàcilment en el cubilot. En el reverber es pot solament obtenir recorrent a la proporció màxima de ferro-vell d'acer dolç (al voltant del 35 per cent). El forn Martin Siemens i el forn elèctric permeten superar-la fàcilment. No obstant, molts fonedors disposen solament de cubilots per a la fusió i si es recorda que l'acer fos en el cubilot absorbeix prop de 2'75 per cent de carboni del combustible, es creurà que per assolir la proporció desitjada de 2'80 per cent de carboni total en les peces, caldria adoptar barreges amb el cent per cent d'acer. Malgrat tot, com que amb l'auxili de ferro-alligacions això és possible, no hi ha raó perquè tots els fonedors no es decideixin a perfeccionar llur treball amb l'ús de barreges amb elevada proporció de ferro-vell d'acer, a no ésser que s'adopti l'acer, per complet, per al motlleig de peces especials.

Per profunditzar quelcom més en els detalls de la fusió cal considerar, també, la qüestió relativa a l'obtenció de les temperatures molt elevades a què es vol portar el metall líquid en el cubilot. Això comporta un sacrifici de combustible i, tal vegada, el millor exemple dins de la tècnica actual es troba en la fabricació de grans radiadors, per als quals es requereix metall fos amb blancura de neu, per tal d'evitar les pèrdues per colada freda.

Si considerem el cas de la fusió d'una càrrega completa d'acer, cal recordar que, per a la seva líquidació en el cubilot, aquest metall requereix major quantitat de combustible que el ferro-colat, no solament a causa del seu alt punt de fusió, sinó, també, de la necessitat d'assolir majors temperatures de reescalfament per tal de donar al metall fos la fluïdesa convenient per a la colada. Així, encara que s'empri el millor coc (amb poca cendra, d'estructura compacta i sense trossos petits) la relació de càrrega no pot ésser major de 7:1, i en alguns casos 6:1, les quals proporcions de càrrega per unitat de combustible, contrasten amb la relació 10:1 per a les càrregues de coc intermitjes, corrent en la fusió de peces de maquinària ordinàries.

Quan s'aconsegueixi d'aprofitar una part del calor que es perd en el cubilot o que és arrossegat pels gasos d'escapament, serà possible disminuir notablement la proporció de combustible amb la qual cosa no solament s'assolirà una considerable economia, sinó que les condicions de treball seran fortament millorades.

La disposició més aconsellable per al caldeig previ del vent del cubilot, sembla ésser l'adopció de dues cambres de regeneració plenes amb graellats de maó, situades immediatament sobre la porta de càrrega. a

través de les quals es fan passar, alternativament, els gasos que ascendeixen vers la xemeneia. Fent passar per aquestes cambres, l'aire del ventilador, mitjançant el dispositiu de commutació corrent en el forn Martin-Siemens, l'aire de les toberes posseeix ja una temperatura de uns 750° F. abans d'arribar a la zona del combustible.

Entre els últims progressos de la tècnica de la foneria "d'alta qualitat", l'única millora aparentment assolida sembla residir en l'addició de metalls, com el níquel, el crom, el vanadi, etc.... per produir els anomenats ferro-colats d'alligació. D'aquesta guisa s'aconsegueix, evidentment, millorar la qualitat de les peces foses, tant en resistència mecànica, com en la resistència al desgast. No obstant, la proporció i condicions del grafit del ferro-colat tenen, sempre, l'efecte més enèrgic sobre les seves propietats físiques i el predomini de la seva influència podrà explicar més satisfactoriament el resultat d'alligacions errònies.

Però existeix, encara, un altre perfeccionament de la foneria que pot resultar útil al fonedar. Si es redueix considerablement la proporció de silici i de manganès de les peces foses i es deixa el carboni total, el sofre i el fòsfor en les proporcions fins ara típiques i s'opera amb metall molt reescalfat durant la fusió, s'obté, en efectuar la colada, un material que, si bé no presenta una resistència elevada, ofereix la particularitat de poder reduir, gràcies a un tractament tèrmic, la proporció relativament elevada de carboni combinat, amb la qual cosa es forma una varietat de carboni de recuit, amb independència dels fins cristalls grafitics existents, que porta a donar, fins a cert punt, a un ferro-colat de gra fi, el caràcter del ferro-colat malleable.

Revisant els progressos assolits en la inspecció científica del ferro-colat durant les tres dècades últimes, s'observa que els avenços més notables han tingut lloc, solament, en aquests últims temps, i, més aviat, han estat assolits per homes de ciència, que per tècnics aplicats al treball pràctic de les foneries. Les investigacions per trobar un ferro-colat que no experimentés un augment de volum o que no "creixés" sotmès a la intermitent acció del calor i altres problemes de naturalesa semblant, foren l'origen de l'impuls que ha conduït als més importants progressos.

És aquest un argument en favor de les investigacions més extenses i, al mateix temps, de caràcter cooperatiu, relatives a la foneria de ferro en les seves diferents branques i els diversos moviments produïts avui en aquest sentit en alguns dels països de major desenvolupament industrial cal que siguin estimulats i protegits econòmicament, i que s'estableixi algun mètode d'intercanvi d'informacions, amb la qual cosa es podran duplicar els esforços i estendre l'eficàcia dels descobriments que amb seguretat s'efectuaran.