

## CONGRES INTERNACIONAL DE LA FONERIA

Abril de 1928

### RESUM DELS PROCEDIMENTS ACTUALS PER A L'OBTENCIÓ DE FERRO-COLAT D'ALTA QUALITAT I ALGUNES CONSIDERACIONS RELATIVES ALS FORNS

L'APLICACIÓ de la metallografia a l'estudi de l'estructura, ha posat de manifest que els principals elements integrants de l'estructura de l'acer normalment refredat són la ferrita, és a dir, els cristalls de ferro pur, i la cementita o carbur de ferro  $\text{CFe}_2$ , així com l'eutèctic ferrita-cementita que constitueix la perlita. Les millors propietats de resistència són assolides per l'acer d'estructura perlítica, sense inclusions de ferrita o de cementita a l'estat lliure. El mateix pot dir-se de la massa fonamental de ferro-colat, amb notable quantitat de carboni; però les propietats resistents d'aquesta massa fonamental vénen determinades pel nombre i classe de les partícules laminars de grafit encloses en el material; i aquestes propietats són tant més baixes com més barroeres són les làmines grafitiques. De la fig. 2 es desprèn que una vegada assolida la màxima participació del grafit, es produeix, encara, una nova disminució de la resistència a la flexió, la qual cosa cal atribuir-la a un major augment del tamany del grafit, degut a l'augment de l'espessor de les seccions. L'obtenció de ferro-colat d'alta qualitat depèn, segons això, de l'estructura perlítica i de què el grafit sigui distribuït el més finament possible; cal, així mateix, evitar les inclusions de fosfurs i sulfurs. Al coneixement qualitatiu dels elements estranys Si, C, P i Mn., ha seguit l'estudi dels esmentats elements en els processos de solidificació de les al·ligacions ferro-carboni del ferro-colat; en aquest terreny, el contingut de Si, per seqüència de la seva influència capital en la descomposició de la cementita, que equival a la separació del grafit, ha pres la màxima importància.

Els assaigs de KEEP, en 1898, posaren en evidència que en disminuir la quantitat de silici disminueix la influència de l'espessor de les seccions en les propietats mecàniques, com també en la variació de l'estructura. Posteriorment, en el curs dels vint anys darers, hom remarca notables avenços que poden ésser concretats:

Carboni per 100

Carboni + Silici per 100

Silici per 100

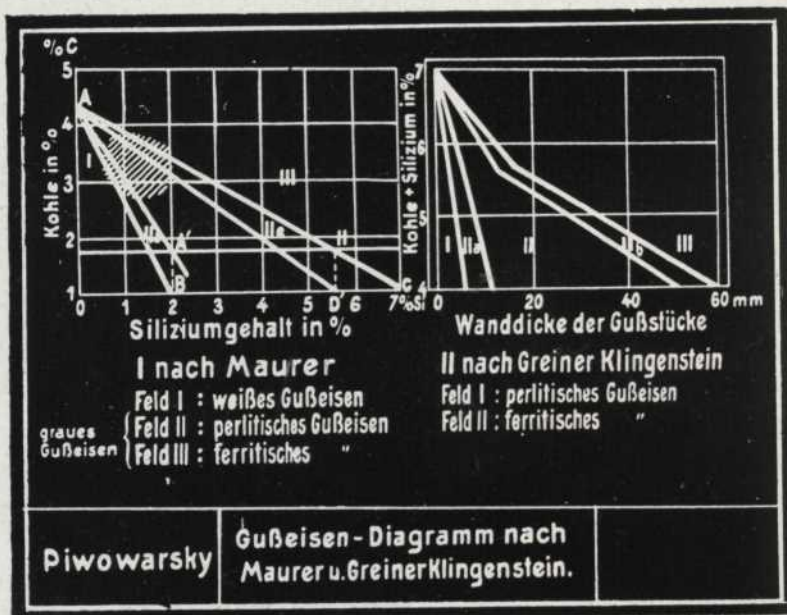


Fig. 1. - Diagrama del ferro-colat, segons Maurer i Greiner Klingenstein  
 I, segons MAURER  
 Camp I: Ferro-colat blanc  
 Camp II: Ferro-colat perlític  
 Camp III: Ferro-colat ferrític  
 II, segons GREINER-KLINGENSTEIN  
 Camp I: Ferro-colat perlític  
 Camp II: Ferro-colat ferrític

Quantitat de laminetes de grafit sobre 1 mmq.

Resistència a la flexió

Longitud dels costats de la secció transversal en mm.

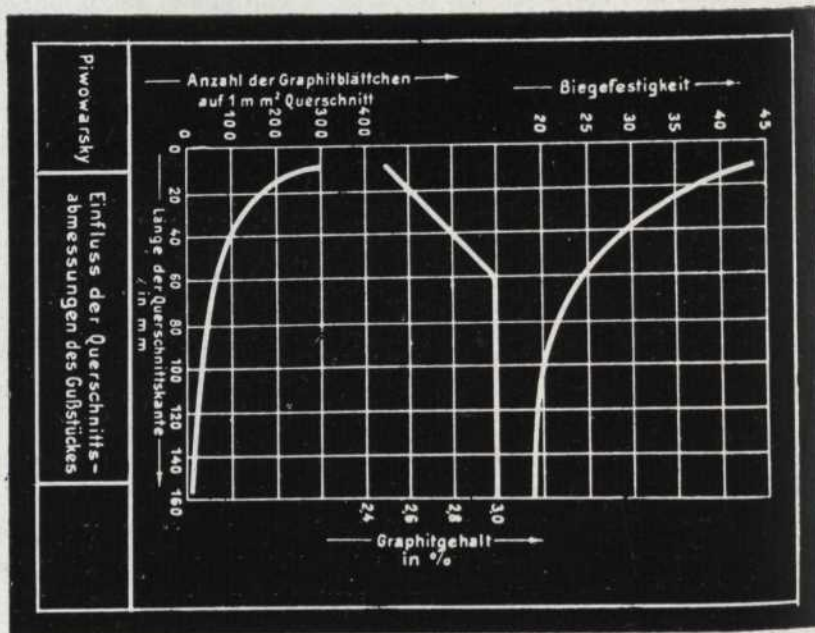


Fig. 2. - Influència de les dimensions de la secció transversal del ferro-colat



- 1) Domini de la massa metàl·lica fonamental en el que pertoca a la seva estructura (seguretat d'obtenir el metall desitjat).
- 2) Assoliment d'una àmplia independència entre el caràcter de l'estructura i els diferents gruixos de paret.
- 3) Reducció de la influència perjudicial del grafit.

La fig. 2 representa el diagrama de MAURER i GREINER-KLINGSTEIN. Aquest diagrama posa de manifest que el caràcter de l'estructura ve determinat especialment pels esmentats elements carboni i silici, i relaciona el gruix de les seccions amb els components de l'estructura. Aquests diagrames tradueixen l'expressió exacta de les mesures que venien adoptant-se empíricament, des de feia molts anys, en la formació de les barreges destinades a produir diferents qualitats de ferro-colat. En la pràctica, és possible contrarestar la influència del Si abans esmentada, mitjançant el procediment de LANZ, que consisteix a reduir tant com es pugui la proporció de Si del ferro-colat i compensar pel caldeig preliminar dels motllos, fins a la temperatura del roig obscur, la influència que l'esmentada reducció de silici té en la velocitat de descomposició del carbur, característica del ferro-colat gris. El metall obtingut per aquest procediment és molt estimat degut a la unitat perlítica de la seva massa fonamental. Tots aquests procediments condueixen, naturalment, a la tècnica dels ferro-colats d'alta qualitat, en la qual, com a requisit especial, s'exigeix l'eliminació de grans quantitats de ferrita i de carbur lliure, hipereutectoide.

La desfavorable influència del grafit en el ferro-colat, ha conduït, des de fa més de 50 anys, a repetits assaigs adreçats a reduir sistemàticament la quantitat de C del metall; però cap dels procediments proposats—barreja amb acer, afinament ulterior o fusió de majors quantitats de ferro vell—permeté, per raons econòmiques, tècniques o metallúrgiques, assolir l'èxit desitjat. Únicament l'addició de llogot pobre en carboni, obtinguda per procediments especials, conduí a una remarcable millora en la qualitat del ferro-colat. Cal fer una excepció, però, a favor del mètode d'EMMEL, qui resolgué el problema de la fusió intensiva del ferro-vell fa cinc anys i amb el procediment del qual hom pot controlar eficientment el contingut de C. La producció del ferro-colat Krup estrellada (*Steriguss*) recolza, igualment, en l'addició de grans quantitats de ferro-vell.

El procediment per a provocar la sistemàtica refinació de les partícules de grafit en el ferro-colat gris, el qual fou objecte d'inútils recerques fins l'any 1923, fou trobat primerament per M. SCHÜZ. Aquest mètode que per a peces de ferro-colat complicades és quasi inaplicable econòmicament, permet obtenir una textura amb grafit eutèctic finament dividit. Aquest investigador utilitza un ferro-colat amb alta quantitat de Si (3,5 % aproxima-

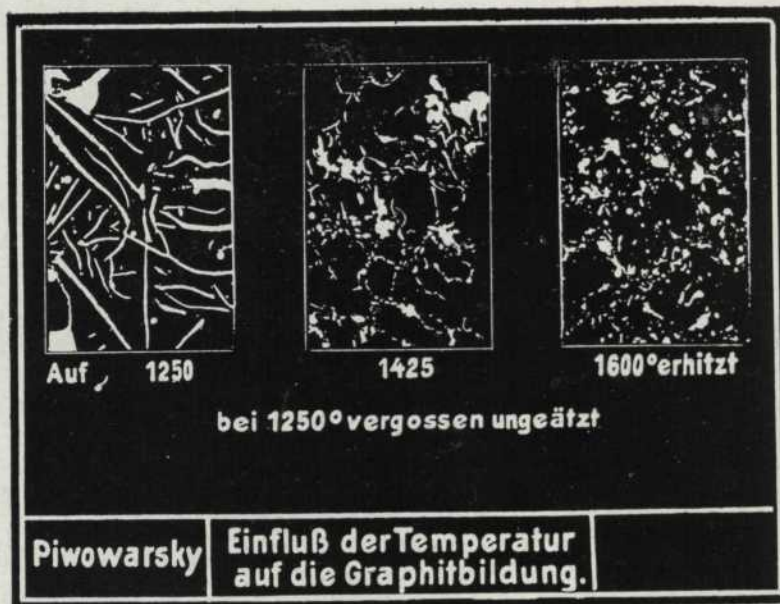
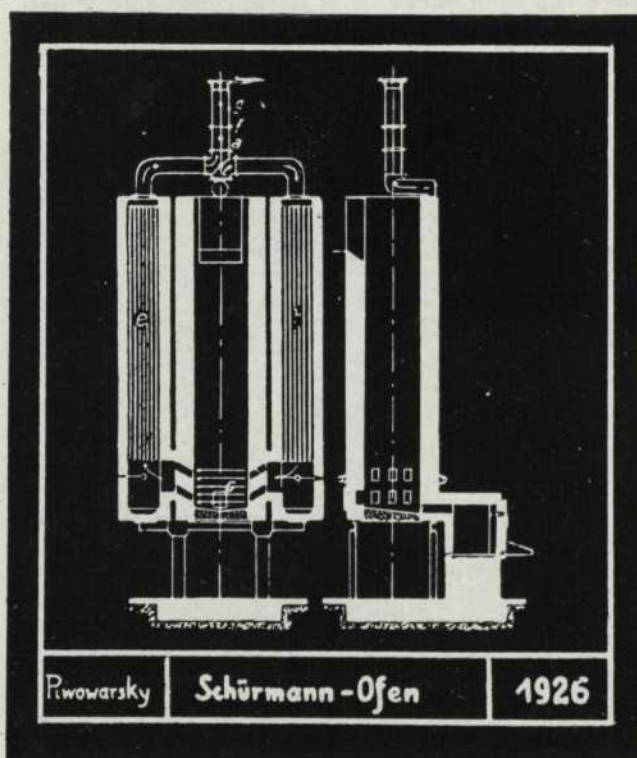


Fig. 3.—Influència de la temperatura sobre la formació de grafit

Fig. 4  
Forn  
Schürmann



dament), amb ço que la velocitat de descomposició del carbur s'incrementa de tal manera que el ferro-colat emmotllat en conxes o coquilles apar, encara, amb fractura gris, i el grafit resultant es presenta dividit, a causa del refredament extraordinari degut a l'enlairada conductabilitat calorífica de les conxes.

No obstant, la possibilitat de produir sistemàticament grafit, des de la forma eutèctica, en estat de fina divisió, fins a la forma de grafit de recuit, encara que sota les condicions normals de solidificació, ha estat assolida pels treballs de E. PIWOWASKY, qui ha pogut demostrar que en augmentar el reescalfament del material durant la fusió, portant-lo fins a zones de temperatures fins aleshores no emprades, s'obté durant el refredament següent un ferro-colat d'alta qualitat, amb grafit finament dividit (fig. 3).

HANEMANN atribuï l'augment de la sobrefusió de la massa que es produeix en créixer el reescalfament, a la lenta desaparició de les partícules de grafit sense dissoldre; en aquesta hipòtesi fonamentà un procediment amb el qual s'arriba a obtenir un ferro finament grafitic, gràcies a una llarga conservació del bany a temperatura moderada.

Quan es tracta de produir ferro-colat gris d'alta qualitat cal, en gran manera, operar atentament amb un bany lliure de nuclis grafitics i de gasos, si es vol que el material sigui, a l'ensens, insensible al fenomen de l'anomenat creixement.

L'interès en la fusió de ferro físicament molt calent, planteja, també, la qüestió relativa al més adequat forn de fusió. En aquells indrets on les condicions econòmiques ho permeten, el forn elèctric constitueix, com es pot comprendre, el forn ideal, per la qual cosa s'ha difòs en gran escala, combinat, de vegades, amb l'ús de la disposició de plaques giratòries, per tal d'intensificar la producció, amb despeses d'instal·lació moderades, tal com es fa avui a Alemanya.

També el forn de reverber omple, en l'actualitat, un rol principal en la producció de ferro-colat d'alta qualitat, sobretot quan es disposa de deus calorífics a baix preu, les quals, en casos determinats, permeten assolir un enlairat efecte piromètric per addició de gasos més rics o de combustibles líquids. La figura 5 representa el forn de reverber i cub de la "Esslinger-Maschinen-Fabrik" alimentat amb oli.

No obstant, en primer lloc, caldrà conduir el cubilot, com a forn de fusió més econòmic en el treball de la foneria, de manera que permeti produir un ferro d'alta qualitat el més calent possible. La temperatura del ferro-colat obtinguda en el cubilot pot elevar-se considerablement, sense necessitat d'adoptar cap mesura extraordinària, amb la sola introducció de quantitats d'aire molt majors a les que fins ara s'han considerat normals.

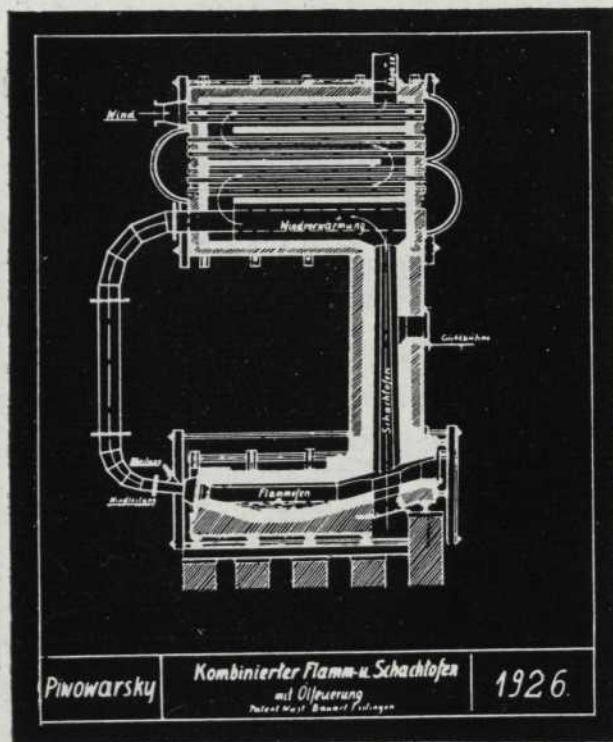


Fig. 5. —Forn de reverber i de cub combinats

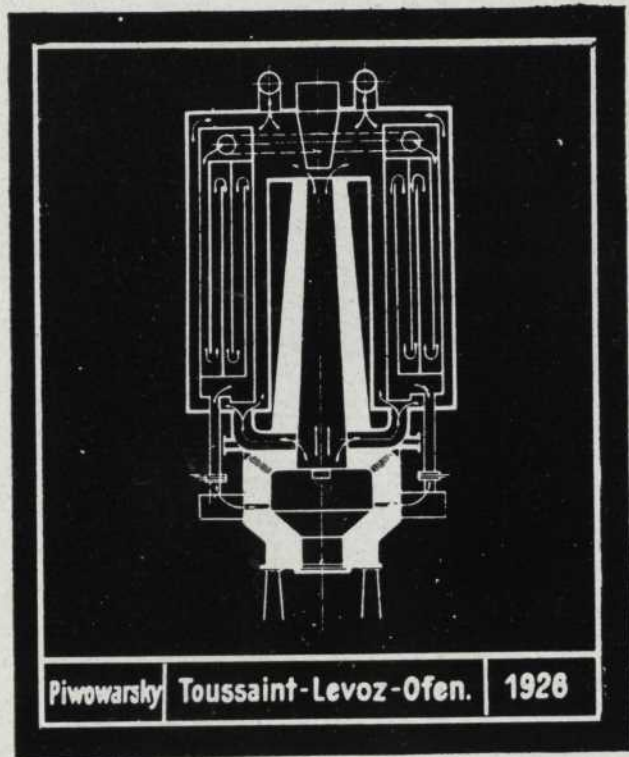


Fig. 6. - Forn Toussaint-Levoz



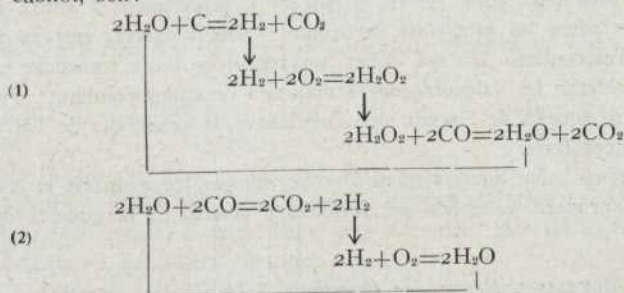
També pot contribuir a alçar la temperatura del ferro, el caldeig preliminar del vent, quan es condueix en forma teòricament correcta. Com a exemple d'un forn que satisfà aquestes condicions en el caldeig preliminar del vent, pot esmentar-se l'ideat per SCHURMANN (fig. 4). Així mateix, els forns amb toberes simultàniament retrassades, en correspondència amb el tipus del forn TOUSSAINT-LEVOZ (fig. 6) són de molt bon rendiment. Altres mesures suplementàries, tals com la injecció de vent enriquit amb oxigen, la substitució d'una part de coc per pols d'hulla i la moderada introducció d'aigua en les toberes amb objecte de provocar un efecte catalític en el procés de la fusió (procediment de la Societat "Vulkan Feuerungs A. G.")<sup>1</sup> han donat, així mateix, excel·lents resultats. En realitat, avui s'ha progressat tant que amb l'ús d'un o diversos dels esmentats recursos és possible obtenir en el cubilot ferro a uns 1450°.

Un examen global dels resultats del període que correspon, aproximadament, als darrers cinc anys, permet constatar que els coeficients de resistència assolits en l'explotació normal són dues o tres vegades superiors als que vers l'any 1920 podien obtenir-se, i això gràcies a què el sistemàtic domini de l'estructura del metall ha arribat a ésser una realitat.

Dins d'aquest ordre de treball cal esmentar, encara, el procediment de colada centrífuga<sup>2</sup> aplicat en la fabricació de tubs. L'acció milloradora de la centrifugació en motllos de ferro giratoris es deu, per una banda, a l'igual que en les conxes, a què la major velocitat de refredament determina una precipitació grafitica de divisió més fina, i, en segon lloc, a l'acció de la força centrífuga que elimina les impureses dels gasos.

Les matèries estranyes (de menys pes específic) es dipositen, naturalment, vers l'interior, d'on poden ésser fàcilment separades. L'augment de resistència arriba al 100 % de la corresponent al mateix ferro-colat emmotllat en motllos d'arena.

<sup>1</sup> Les reaccions possibles que expliquen la influència de la introducció de vapor d'aigua en el cubilot, són:



<sup>2</sup> Vegi's CIENCIA, vol. II, pàg. 73: "La colada per centrifugació i els problemes que planteja".